



**TUGAS AKHIR**

# **RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATUR BOILER PADA MINI PLANT STEAM ENGINE**

**NAQIYA RAHMATUL LAILI**  
NRP 10511500000004

Dosen Pembimbing 1  
**Dr. Imam Abadi, S.T., M.T**  
NIP. 19761006 199903 1 002

Dosen Pembimbing 2  
**Murry Raditya, S.T., M.T**  
NPP. 1988201711055

**PROGRAM STUDI DIII TEKNOLOGI INSTRUMENTASI**  
**DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI**  
**Fakultas Vokasi**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2018**



**TUGAS AKHIR**

**RANCANG                      BANGUN                      SISTEM  
PENGENDALIAN      TEMPERATUR      BOILER  
PADA MINI PLANT STEAM ENGINE**

**NAQIYA RAHMATUL LAILI**  
**NRP 10511500000004**

**Dosen Pembimbing 1**  
**Dr. Imam Abadi, S.T., M.T**  
**NIP. 19761006 199903 1 002**

**Dosen Pembimbing 2**  
**Murry Raditya, S.T., M.T**  
**NPP. 1988201711055**

**PROGRAM STUDI DIII TEKNOLOGI INSTRUMENTASI**  
**DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI**  
**Fakultas Vokasi**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2018**



## **FINAL PROJECT**

# **DESIGN SYSTEM TEMPERATUR BOILER CONTROL ON MINI PLANT STEAM ENGINE**

**NAQIYA RAHMATUL LAILI**  
**NRP 10511500000004**

**Advisor Lecturer 1<sup>st</sup>**  
**Dr. Imam Abadi, S.T., M.T**  
**NIP. 19761006 199903 1 002**

**Advisor Lecturer 2<sup>nd</sup>**  
**Murry Raditya, S.T., M.T**  
**NPP. 1988201711055**

**STUDY PROGRAM OF DIII INSTRUMENTATION OF TECHNOLOGY**  
**DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION ENGINEERING**  
**Faculty Of Vocation**  
**Sepuluh Nopember Institute Of Technology**  
**Surabaya 2018**

## LEMBAR PENGESAHAN

### RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATUR BOILER PADA MINI PLANT STEAM ENGINE

#### TUGAS AKHIR

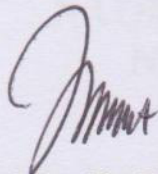
Oleh :

**NAQIYA RAHMATUL LAILI**  
**NRP. 10511500000004**

Surabaya, 19 Juli 2018

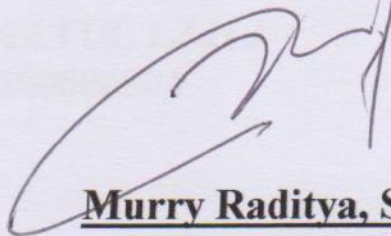
**Mengetahui / Menyetujui**

**Dosen Pembimbing I**



**Dr. Imam Abadi, S.T., M.T**  
**NIP. 19761006 199903 1 002**

**Dosen Pembimbing II**



**Murry Raditya, S.T., M.T**  
**NPP. 1988201711055**

**Kepala Departemen  
Teknik Instrumentasi ITS**



**Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc**  
**NIP. 19620822 198803 1 001**



## **LEMBAR PENGESAHAN**

### **RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATUR BOILER PADA MINI PLANT STEAM ENGINE**

#### **TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Ahli Madya  
pada  
Program Studi D3 Teknologi Instrumentasi  
Departemen Teknik Instrumentasi  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**NAQIYA RAHMATUL LAILI**  
**NRP. 10511500000004**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr. Imam Abadi, S.T., M.T. .... (Pembimbing I)
2. Murry Raditya, S.T., M.T. .... (Pembimbing II)
3. Sefi Novendra Patrialova, S.Si, M.T. .... (Penguji)

**SURABAYA**  
**JULI, 2018**

# **RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATUR BOILER PADA MINI PLANT STEAM ENGINE**

**Nama : Naqiya Rahmatul Laili**  
**NRP : 10511500000004**  
**Departemen : Teknik Instrumentasi**  
**Pembimbing : Dr. Imam Abadi, S.T., M.T**  
**Murry Raditya, S.T., M.T**

## **Abstrak**

*Salah satu cara untuk membangkitkan tenaga listrik ialah dengan memanfaatkan tenaga uap, biasa di sebut PLTU. Secara umum digunakan mesin boiler untuk PLTU. Pada boiler digunakan beberapa sistem pengendalian untuk menghasilkan kualitas luaran boiler (steam) yang baik. Salah satu pengendalian yang paling krusial ialah sistem pengendalian temperatur, pengendalian ini digunakan agar dapat suhu di dalam steam drum dapat terjaga. Di dalam sistem pengendalian temperatur ada beberapa komponen yang digunakan antara lain sensor termokopel, max6675 sebagai pengkondisi sinyal, controller terprogram atmega 32 kontrol logika fuzzy yang di tampilkan pada LCD 20x4, dan aktuator MoV CWX-15N. Hasil sistem pengendalian temperatur ini controller mampu mengendalikan temperatur dengan setpoint 115°C di dapatkan nilai indeks performansi Rise time selama 600 detik, Maximum overshoot 6,09% saat suhu 122°C, Error Steady State adalah 1,7% dan Settling time adalah 740 detik atau 12,3 menit.*

**Kata Kunci :** *Pengendalian Temperatur, Boiler, Termokopel, Mikrokontroler Atmega 32, MOV CWX-15N*

# **DESIGN SYSTEM TEMPERATURE BOILER CONTROL ON MINI PLANT STEAM ENGINE**

**Name** : Naqiya Rahmatul Laili  
**NRP** : 10511500000004  
**Departement** : Instrumentation Engineering  
**Advisor Lecturer** : Dr. Imam Abadi, S.T., M.T  
Murry Raditya, S.T., M.T

## **Abstract**

*One way to generate electricity is to utilize steam power, commonly called PLTU. Generally used boiler engine for power plant. In the boiler used several control systems to produce a good quality of boiler output (steam). One of the most crucial controls is the temperature control system, this control is used so that the temperature inside the steam drum can be maintained. In the temperatur control system there are several components that are used, among others, thermocouple sensor, max6675 as signal conditioner, programmable controller atmega 32 fuzzy logic control which is displayed on 20x4 LCD, and MoV actuator. The result of this temperature controller controller able to control temperatur with setpoint 115 °C in get Rise time performance index value for 600 seconds, Maximum overshoot 6,09% when temperatur 122 °C, Error Steady State is 1,7% and settling time is 740 seconds or 12 minutes 3 seconds.*

**Keywords:** *Temperature Control, Boiler, Thermocouple, Atmega32 Microcontroller, DC MoV CWX-15N*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATUR BOILER PADA MINI PLANT STEAM ENGINE“ tepat pada waktunya.

Terselesaikannya laporan ini juga tak luput dari dukungan dan peran serta dari orangtua dan keluarga besar serta berbagai pihak. Untuk itulah dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Ir.Purwadi Agus Darwito,M.Sc selaku Kepala Departmen D3 Teknik Instrumentasi ITS yang telah memberikan semangat dan motivasi kepada kami.
2. Bapak Dr. Imam Abadi, S.T., M.T selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, arahan dan saran yang membantu selama proses pengerjaan tugas akhir.
3. Bapak Murry Raditya, S.T., M.T selaku dosen pembimbing 2 yang telah meluangkan waktu, arahan dan saran yang membantu selama proses pengerjaan tugas akhir.
4. Orang tua tercinta yang telah memberikan segala dukungan baik moral maupun materil serta dukungan yang sangat luar biasa.
5. Terimakasih kepada Teman Sekelompok Tugas Akhir Novi, Kartika, Dresta, Khoim, Ronggo yang bersama-sama berjuang dalam pengerjaan tugas akhir ini.
6. Fitria Dayanti teman satu kamar dan sahabat-sahabat Vivi, Nia, Dilla, Zima, Nila yang selalu ada di samping penulis.
7. Teman-teman D3 Teknik Instrumentasi angkatan 2015 Fakultas Vokasi ITS.
8. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.



Penulis menyadari bahwa kesempurnaan hanya milik Allah SWT. Oleh sebab itu, penulis sangat berterimakasih atas segala masukan, kritik dan saran yang membangun dari pembaca agar laporan ini menjadi lebih baik untuk di kemudian hari. Demikian laporan ini penulis buat, semoga laporan ini dapat memberikan manfaat selain bagi penulis sendiri, dan bagi pembaca sekalian.

Surabaya, 19 Juli 2018

Penulis

Naqiya Rahmatul Laili  
NRP. 10511500000004

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>LEMBAR PENGESAHAN I</b> .....	iii
<b>LEMBAR PENGESAHAN II</b> .....	iv
<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	xiii

## BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah .....	2
1.5 Manfaat .....	3

## BAB II DASAR TEORI

2.1 Boiler .....	5
2.2 Steam Engine .....	7
2.3 Sistem Pengendalian.....	7
2.4 Termokopel.....	9
2.5 Motor Operated Valve .....	11
2.6 Mikrokontroler Atmega 32.....	13
2.6.1 Arsitektur Atmega 32.....	13
2.6.2 Konfigurasi Pin Atmega 32 .....	14
2.6.2 Memory Atmega 32 .....	15
2.7 LCD .....	16
2.8 Logika Fuzzy .....	18
2.9 Teori Ketidakpastian.....	19
2.10 Karakteristik Statik.....	21
2.11 Teori Respon Sistem .....	22

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Alat dan Bahan .....	23
3.2 Prosedur Perancangan Alat.....	23
3.2.1 Perancangan Sistem.....	24
3.2.2 Penentuan Dimensi .....	28
3.2.3 Pemilihan Komponen .....	29
3.2.4 Pembuatan Alat .....	31
3.2.5 Integrasi Hardware dan Software .....	32
3.2.6 Pengujian .....	32
3.2.7 Analisa Data dan Pembahasan atau Pembuatan Laporan.....	33

### **BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

4.1 Rancang Bangun Alat.....	35
4.2 Pengujian Sensor Termokopel Type K.....	37
4.2.1 Data Karakteristik Statik Sensor .....	41
4.3 Pengujian Sistem Pengendalian Temperatur .....	44
4.4 Validasi Aktuator.....	46
4.5 Respon Aktuator .....	47
4.6 Pembahasan .....	49

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran .....	51

### **DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN A (Kalibrasi)**

**LAMPIRAN B (Listing Program di Atmega menggunakan  
Software Code Vision Avr)**

**LAMPIRAN C (Datasheet Sensor Termokopel)**

**LAMPIRAN D (Datasheet Max6675)**

**LAMPIRAN E (Datasheet Mikrokontroler Atmega32)**

**LAMPIRAN F(Datasheet Motorized Valve)**

### **BIODATA PENULIS**

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Boiler Water Tube.....	5
<b>Gambar 2.2</b>	Prinsip kerja termokopel .....	10
<b>Gambar 2.3</b>	Termokopel Tipe K.....	11
<b>Gambar 2.4</b>	Motor Operated Valve .....	12
<b>Gambar 2.5</b>	Atmega 32 .....	13
<b>Gambar 2.6</b>	Konfigurasi Pin Atmega 32.....	14
<b>Gambar 2.7</b>	LCD 20x4.....	17
<b>Gambar 3.1</b>	Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir .....	23
<b>Gambar 3.2</b>	BFD.....	24
<b>Gambar 3.3</b>	PFD .....	24
<b>Gambar 3.4</b>	P&ID .....	25
<b>Gambar 3.5</b>	Diagram Blok Sistem pengendalian Temperatur .	26
<b>Gambar 3.6</b>	Desain Boiler .....	27
<b>Gambar 3.7</b>	Steam Drum .....	28
<b>Gambar 3.8</b>	Diagram Skematik Rancangan Boiler.....	28
<b>Gambar 3.9</b>	Termokopel Tipe K.....	29
<b>Gambar 3.10</b>	Max6675 .....	29
<b>Gambar 3.11</b>	Atmega 32 .....	30
<b>Gambar 3.12</b>	Motor Operated Valve .....	31
<b>Gambar 3.13</b>	Tampilan Listing Program Software CodeVision AVR.....	32
<b>Gambar 4.1</b>	Plant Tugas Akhir .....	35
<b>Gambar 4.2</b>	Penempatan Sensor Termokopel Tipe K .....	36
<b>Gambar 4.3</b>	Blok Diagram Pengujian.....	37
<b>Gambar 4.4</b>	Kalibrasi Sensor Termokopel.....	38
<b>Gambar 4.5</b>	Grafik Uji Sensor .....	40
<b>Gambar 4.6</b>	Grafik Histerisis .....	43
<b>Gambar 4.7</b>	Grafik Respon Keluaran Plant dari Uji Step .....	46
<b>Gambar 4.8</b>	Grafik Validasi Aktuator.....	47
<b>Gambar 4.9</b>	Grafik Respon Aktuaror.....	48

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 4.1</b> Hasil Pengambilan Data Naik.....	38
<b>Tabel 4.2</b> Hasil Pengambilan Data Turun.....	39
<b>Tabel 4.3</b> Tabel Uji Sensor .....	39
<b>Tabel 4.4</b> Perhitungan Uji Sensor .....	41
<b>Tabel 4.5</b> Hasil Data Sensor Naik dan Turun .....	42
<b>Tabel 4.6</b> Pengukuran Mencapai Setpoint .....	44
<b>Tabel 4.7</b> Validasi MoV .....	47
<b>Tabel 4.8</b> Respon Aktuator .....	48

## DAFTAR NOTASI

$X$	: Pembaccan Standar
$Y$	: Nilai Koreksi
$Y'$	: Rata-Rata Koreksi
$\sigma$	: Standar Deviasi
$n$	: Jumlah Data
$SSR$	: $\Sigma$ SR (Sum Square Residual)
$a$	: Ketidakpastian Sertifikat Kalibrasi
$k$	: Faktor Cakupan
$Y_n$	: Pembacaan standar (I)
$X_n$	: Pembacaan alat (O)
$M_p$	: Maximum Overshoot
$C_{(tp)}$	: Nilai peak time (Nilai Tertinggi)
$C_{(\infty)}$	: Nilai setpoint
$E_{ss}$	: Error Steady State

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Listrik pada dasarnya dapat dibangkitkan melalui banyak cara dengan memanfaatkan tenaga tertentu, seperti angin, panas bumi, air, cahaya matahari, uap, dan lain-lain. Dalam hal ini untuk pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), digunakan sebuah *equipment* yang dinamakan *boiler*. *Boiler* digunakan untuk menghasilkan uap (*steam*) yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan bergantung pada sistem yang ada, salah satunya untuk keperluan PLTU. Uap (*steam*) dihasilkan dengan cara memanaskan atau memasak sebuah masukan terhadap *boiler*. Dalam hal ini, digunakan air (*feed water*) sebagai masukannya (Jauhari, 2017) .

*Boiler* merupakan komponen yang berfungsi menghasilkan uap (*steam*) yang nantinya akan ke *steam engine* dan digunakan untuk memenuhi kebutuhan beban. Dalam proses mengubah air menjadi uap sering terjadi kendala sehingga keluaran tidak sesuai dengan yang dikehendaki, yaitu ketika temperatur yang terlalu rendah atau terlalu tinggi. Temperatur yang tidak sesuai dengan *setpoint* akan menyebabkan banyak masalah seperti terjadinya *overheat* yang menyebabkan tekanan uap tidak sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Selain itu kegagalan dalam proses pengontrolan juga dapat mengakibatkan kegagalan sistem yang bisa berakibat fatal, seperti rusaknya bejana karena air umpan yang tidak dikontrol dengan baik bahkan bisa menyebabkan terjadinya ledakan karena bejana tidak kuat menahan tekanan yang dihasilkan. Maka dari itu *boiler* harus dikelola dan dijaga dengan sangat baik supaya tetap bekerja dengan efisien dan dalam keadaan aman. Salah satu cara agar *boiler* dapat bekerja maksimal yaitu memberi aksi pengontrolan terhadap proses yang sedang berlangsung. Tujuan sistem pengontrolan pada *boiler* tersebut adalah untuk menjaga produk yang dihasilkan dari *boiler* sesuai dengan spesifikasi yang telah dikehendaki. Berawal dari kondisi diatas, tugas akhir ini bertujuan untuk meminimalisir



sistem *failure* dan menjaga kondisi sistem agar tetap berada pada kondisi yang diinginkan (Kencana & Widiharto, 2012).

Pada *boiler* ini menggunakan bahan bakar gas LPG. Untuk melakukan penghematan penggunaan kompor LPG dapat dilakukan dengan cara meningkatkan efisiensi proses pembakaran yang terjadi, dan peningkatan efisiensi proses pembakaran ini tidak terlepas dari bentuk ruang bakar (*burner*) yang bisa mensirkulasikan kalor sehingga dapat meminimalkan kalor yang terbuang. Pemilihan desain dari *burner* akan mempengaruhi jenis pembakaran yang terjadi, stabilitas pembakaran, efisiensi, keamanan, reliabilitas dan polusi yang terjadi, dan juga akan mempengaruhi struktur dan bentuk api yang terjadi (Aditama & Rohmawanto, 2014).

Oleh karena itu tugas akhir ini di beri judul “Rancang Bangun Sistem Pengendalian Temperatur *Boiler* pada *Mini Plant Steam Engine*”

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan diatas, maka rumusan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah Bagaimana Merancang Sistem Pengendalian Temperatur pada *Boiler*.

## **1.3 Tujuan**

Tujuan yang dicapai dalam tugas akhir ini adalah Merancang Sistem Pengendalian Temperatur pada *Boiler* berbasis Mikrokontroler Atmega32 dengan mode kontrol *fuzzy logic*.

## **1.4 Batasan Masalah**

Perlu diberikan beberapa batasan permasalahan agar pembahasan tidak menyimpang dari tujuan. Adapun batasan permasalahannya yaitu adalah:

- a. Fokus tugas akhir ini membahas tentang sistem pengendalian temperatur pada *Boiler* berbahan bakar LPG.
- b. Menggunakan Mikrokontroler Atmega32 sebagai kontroler pada Pengendalian Temperatur pada *Boiler*.

- c. Menggunakan *Motor Operated Valve* sebagai aktuator pada Pengendalian Temperatur pada *Boiler*.
- d. Menggunakan Sensor Termokopel tipe K sebagai sensor temperatur pada Pengendalian Temperatur pada *Boiler*.

### **1.5 Manfaat**

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari tugas akhir ini yaitu :

- a. Tugas akhir ini dapat dijadikan sebagai bekal untuk kedepannya dalam menghadapi dunia industri.
- b. Tugas akhir ini dapat dijadikan sebagai ajang menambah pengetahuan di Departemen Teknik Instrumentasi.

*Halaman ini sengaja di kosongkan*

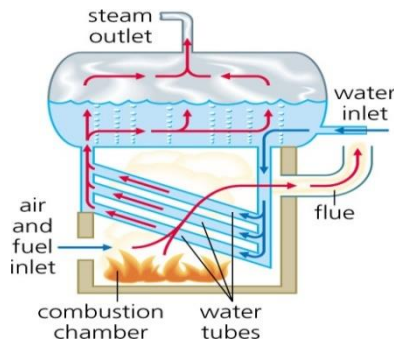
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Boiler

*Boiler*/ketel uap merupakan bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk air panas atau *steam* berupa energi kerja. Air adalah media yang berguna dan murah untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Air panas atau *steam* pada tekanan dan suhu tertentu mempunyai nilai energi yang kemudian digunakan untuk mengalirkan panas dalam bentuk energi kalor ke suatu proses. Sistem *boiler* merupakan peralatan yang harus dikelola dan dijaga dengan sangat baik (Anonymous, n.d.-a).

Pada Ketel Pipa Air, air umpan *boiler* mengalir melalui pipa-pipa masuk kedalam drum. Air yang tersirkulasi dipanaskan oleh gas pembakaran membentuk *steam* pada daerah uap dalam drum. Ketel ini dipilih jika kebutuhan *steam* dan tekanan *steam* sangat tinggi seperti pada kasus ketel untuk pembangkit tenaga listrik. Untuk ketel pipa air yang menggunakan bahan bakar padat, tidak umum dirancang secara paket. Karakteristik ketel pipa air sebagai berikut : *Force*, *induce* dan *balance draft* membantu untuk meningkatkan efisiensi, kurang toleran terhadap kualitas air yang dihasilkan dari pengolahan air, memungkinkan untuk tingkat efisiensi panas yang lebih tinggi (Muin, 2010).



**Gambar 2.1** Boiler Water Tube (Muin, 2010)

*Boiler* seperti tampak pada Gambar 2.1 merupakan tipe *water tube*, pada *boiler* ini proses perapian terjadi pada sisi luar pipa, sehingga panas akan terserap oleh air yang mengalir ke dalam pipa. Berikut ini bagian-bagian dari *boiler* dan fungsinya :

**a. Ruang Bakar (*Furnace*)**

Bagian ini merupakan tempat terjadinya pembakaran bahan bakar yang akan menjadi sumber panas, proses penerimaan panas oleh media air dilakukan melalui pipa yang telah dialiri air, pipa tersebut menempel pada dinding tungku pembakaran. Dari pembakaran bahan bakar dihasilkan sejumlah panas dan nyala api/gas asap yang berguna untuk memanasi air ketel.

**b. *Economizer***

*Economizer* berfungsi untuk meningkatkan temperatur air (pemanasan awal) sebelum masuk ke *boiler* untuk selanjutnya dialirkan ke *steam drum*, komponen ini berada dalam *boiler* yang terdiri dari rangkaian pipa-pipa yang menerima air dari *inlet*. Sumber panas yang diperlukan oleh alat tersebut berasal dari gas buang dalam *boiler*. Air mengalir dalam pipa-pipa, sementara diluar mengalir gas panas yang berasal dari hasil pembakaran *boiler*. Selanjutnya *steam* tersebut dimanfaatkan.

**c. *Steam drum***

*Steam drum* berfungsi sebagai tempat penampungan air panas serta tempat terbentuknya uap. Drum ini menampung uap jenuh (*saturated steam*) beserta air dengan perbandingan antara 50% air dan 50% uap. Untuk menghindari agar air tidak terbawa oleh uap, maka dipasang sekat-sekat, air yang memiliki suhu rendah akan turun ke bawah dan air yang bersuhu tinggi akan naik ke atas dan kemudian menguap.

Selain itu *steam drum* juga merupakan salah satu komponen yang penting pada proses pembangkit listrik yang berfungsi untuk memisahkan uap antara fase gas dan fase cair kemudian melewati uap fase gas yang bertekanan. Uap gas ini kemudian dipanaskan lagi hingga menjadi uap kering. Di dalam *steam drum*

itu sendiri terdapat *low pressure* (LP) dan *high pressure* (HP). Bila *steam drum* mengalami kondisi *low water* atau *high water* maka sistem akan mengalami kondisi trip, yaitu kondisi dimana sistem berhenti beroperasi hingga perlu dilakukan waktu untuk *restart* awal untuk memulai proses (Pranata, 2013)

## 2.2 *Steam engine*

*Steam engine* merupakan mesin yang menggunakan energi panas dalam uap air dan mengubahnya menjadi energi mekanis. Mesin uap merupakan mesin pembakaran eksternal, dengan cairan yang terpisah dari hasil pembakaran. Sumber panas seperti tenaga surya, tenaga nuklir atau energi panas bumi dapat digunakan. Yang ideal Siklus termodinamika yang digunakan untuk menganalisa proses ini disebut siklus Rankine. Dalam siklus tersebut, air dipanaskan dan berubah menjadi uap dalam *boiler* yang beroperasi pada tekanan tinggi. Bila diperluas melalui piston atau turbin, pekerjaan mekanis sudah selesai. Uap bertekanan rendah kemudian dilepas ke atmosfer, atau dikondensasi dan dipompa kembali ke *boiler* (“Mesin uap - Wikipedia bahasa Indonesia, ensiklopedia bebas,” n.d.).

## 2.3 Sistem Pengendalian

Sistem pengendalian merupakan sebuah sistem yang mempertahankan sebuah nilai keluaran dari suatu variabel proses sesuai dengan yang diinginkan (*setpoint*). Hampir semua proses di industri membutuhkan peralatan – peralatan otomatis untuk mengendalikan parameter – parameter prosesnya. Otomatisasi tidak hanya diperlukan demi kelancaran operasi, keamanan, ekonomi maupun mutu produk, tetapi lebih merupakan kebutuhan pokok. Suatu proses industri tidak akan dapat dijalankan tanpa bantuan sistem pengendalian. Parameter – parameter yang umum dikendalikan dalam suatu proses adalah tekanan (*pressure*), laju aliran (*flow*), suhu (*temperature*) dan permukaan zat cair (*level*). Gabungan serta alat – alat pengendalian otomatis itulah yang disebut sistem pengendalian proses (*process control system*). Sedangkan semua peralatan yang membentuk sistem

pengendalian tersebut disebut instrumentasi pengendalian proses (*process control instrumentation*).

Pada dasarnya sistem pengendalian dibagi menjadi dua bagian, yaitu sistem pengendalian secara manual atau pengendalian terbuka (*Open Loop*) serta sistem pengendalian otomatis (*Close Loop*). Perbedaan mendasar antara kedua sistem pengendalian ini adalah adanya umpan balik berupa informasi variabel yang diukur pada sistem pengendalian *close loop*, sedangkan sistem pengendalian terbuka tidak terdapat umpan balik mengenai variabel yang diukur.

Secara garis besar suatu rangkaian pengendalian proses dibagi menjadi empat langkah, yaitu: mengukur – membandingkan – menghitung – mengkoreksi. Langkah pertama yaitu mengukur, merupakan tugas dari sensor. Langkah berikutnya adalah membandingkan apakah hasil pengukuran dari sensor sudah sesuai dengan apa yang dikehendaki. Apabila terjadi ketidaksesuaian antara *setpoint* dengan hasil pengukuran maka akan dilakukan perhitungan untuk menentukan aksi apa yang dilakukan supaya sesuai dengan *setpoint* yang diinginkan. Pada langkah kedua dan ketiga ini adalah tugas dari pengendali. Langkah terakhir adalah melakukan pengkoreksian yang merupakan tugas dari aktuatur.

Istilah- istilah yang perlu diketahui dalam sistem otomasi adalah sebagai berikut:

- **Process** : tatanan peralatan yang mempunyai suatu fungsi tertentu, contohnya level tangki.
- **Controlled Variable** : besaran atau variabel yang dikendalikan. Besaran ini pada diagram kotak disebut juga dengan output proses atau level tangki..
- **Manipulated Variable** : input dari suatu proses yang dapat di manipulasi agar *controlled variable* sesuai dengan *setpoint*.
- **Disturbance** : besaran lain (selain *manipulated variable*) yang dapat menyebabkan berubahnya level tangki diatas dari tangki yang dikendalikan.



- ***Sensing Element*** : bagian paling ujung suatu sistem pengukuran, seperti sensor suhu atau sensor level.
- ***Transmitter*** : untuk membaca sinyal *sensing element* dan mengubah sinyal yang dapat dipahami oleh kontroller seperti *signal conditioning* (SC).
- ***Tranducer*** : unit pengalih sinyal.
- ***Measurement Variable*** : sinyal yang keluar dari *transmitter*. Jika dalam pengendalian level, sinyal yang keluar adalah berupa level.
- ***Setpoint*** : besar *process variable* (level) yang dikehendaki.
- ***Controller*** : elemen yang melakukan tahapan mengukur - membandingkan – menghitung - mengkoreksi. *Proporsional Integral Derivatif* (PID) salah satu *controller* yang sering digunakan dalam industri.
- ***Final Control Element*** : bagian akhir dari instrumentasi sistem pengendalian yang berfungsi untuk mengubah *measurement variable* dengan cara *manipulated variable*, berdasarkan perintah pengendali. Salah satu *final control element* yang digunakan dalam pengendalian level adalah *motorized valve* (Roekmono, n.d.).

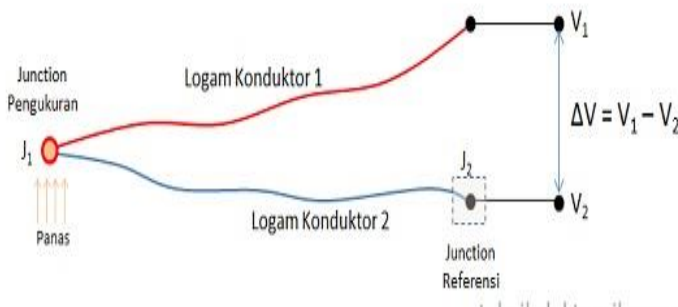
## 2.4 Termokopel

Termokopel adalah jenis sensor suhu yang digunakan untuk mendeteksi atau mengukur suhu melalui dua jenis logam konduktor berbeda yang digabung pada ujungnya sehingga menimbulkan efek “*Thermo-electric*”. Efek *Thermo-electric* pada termokopel ini ditemukan oleh seorang fisikawan Estonia bernama Thomas Johann Seebeck pada Tahun 1821, dimana sebuah logam konduktor yang diberi perbedaan panas secara gradien akan menghasilkan tegangan listrik.

Perbedaan Tegangan listrik diantara dua persimpangan (*junction*) ini dinamakan dengan Efek “*Seeback*”. Termokopel merupakan salah satu jenis sensor suhu yang paling populer dan sering digunakan dalam berbagai rangkaian ataupun peralatan listrik dan Elektronika yang berkaitan dengan Suhu

(*Temperature*) (Indra Permadi, Sumardi, S.T, M.T, Iwan Setiawan, S.T, 1821).

Beberapa kelebihan termokopel yang membuatnya menjadi populer adalah responnya yang cepat terhadap perubahan suhu dan juga rentang suhu operasionalnya yang luas yaitu berkisar diantara  $-200^{\circ}\text{C}$  hingga  $1250^{\circ}\text{C}$ . Selain respon yang cepat dan rentang suhu yang luas, Termokopel juga tahan terhadap guncangan / getaran dan mudah digunakan.



**Gambar 2.2** Prinsip kerja termokopel (Dickson Kho, n.d.)

Prinsip kerja Termokopel cukup mudah dan sederhana. Pada dasarnya Termokopel hanya terdiri dari dua kawat logam konduktor yang berbeda jenis dan digabungkan ujungnya. Satu jenis logam konduktor yang terdapat pada Termokopel akan berfungsi sebagai referensi dengan suhu konstan (tetap) sedangkan yang satunya lagi sebagai logam konduktor yang mendeteksi suhu panas.

Ketika kedua persimpangan atau *Junction* memiliki suhu yang sama, maka beda potensial atau tegangan listrik yang melalui dua persimpangan tersebut adalah “NOL” atau  $V_1 = V_2$ . Akan tetapi, ketika persimpangan yang terhubung dalam rangkaian diberikan suhu panas atau dihubungkan ke obyek pengukuran, maka akan terjadi perbedaan suhu diantara dua persimpangan tersebut yang kemudian menghasilkan tegangan listrik yang nilainya sebanding dengan suhu panas yang

diterimanya atau  $V_1 - V_2$ . Tegangan Listrik yang ditimbulkan ini pada umumnya sekitar  $1 \mu V - 70 \mu V$  pada tiap derajat Celcius. Tegangan tersebut kemudian dikonversikan sesuai dengan Tabel referensi yang telah ditetapkan sehingga menghasilkan pengukuran yang dapat dimengerti oleh kita.



**Gambar 2.3** Termokopel Tipe K (Dickson Kho, n.d.)

Termokopel Tipe K (Chromel (Ni-Cr alloy) / Alumel (Ni-Al alloy), bahan logam konduktor positif : *Nickel-Chromium*, bahan logam konduktor negatif : *Nickel-Aluminium*. Termokopel untuk tujuan umum. Lebih murah. Tersedia untuk rentang suhu  $-200^{\circ}C$  hingga  $+1250^{\circ}C$ . Namun pada termokopel yang saya gunakan dengan rentang  $0-400^{\circ}C$ . Keluaran dari termokopel berupa milivolt maka dari itu keluaran termokopel harus dikuatkan dengan modul tambahan yaitu pengkondisi sinyal max6675 yang kemudian baru bisa dibaca oleh Mikrokontroler atmega32 (Dickson Kho, n.d.).

## 2.5 Motor Operated Valve

*Motor Operated Valve* adalah sebuah motor DC yang dilengkapi rangkaian kendali dengan sistem *closed feedback* yang terintegrasi dalam motor tersebut. Pada MoV posisi putaran sumbu (*axis*) dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam MoV. MoV disusun dari

sebuah motor DC, *gearbox*, variabel resistor (VR) atau potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas maksimum putaran sumbu (*axis*) MoV. Sedangkan sudut dari sumbu MoV diatur berdasarkan lebar pulsa yang pada pin kontrol MoV. MoV adalah motor yang mampu bekerja dua arah (CW dan CCW) dimana arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan dengan memberikan variasi lebar pulsa (*duty cycle*) sinyal PWM pada bagian pin kontrolnya. MoV akan bekerja secara baik jika pada bagian pin kontrolnya diberikan sinyal PWM dengan frekuensi 50 Hz. Dimana pada saat sinyal dengan frekuensi 50 Hz tersebut dicapai pada kondisi *Ton duty cycle* 1.5 ms, maka *rotor* dari motor akan berhenti tepat di tengah-tengah (sudut 0°/ netral). Pada saat *Ton duty cycle* dari sinyal yang diberikan kurang dari 1.5 ms, maka *rotor* akan berputar ke berlawanan arah jarum jam (*Counter Clock wise*, CCW) dengan membentuk sudut yang besarnya linier terhadap besarnya *Ton duty cycle*, dan akan bertahan diposisi tersebut. Dan sebaliknya, jika *Ton duty cycle* dari sinyal yang diberikan lebih dari 1.5 ms, maka *rotor* akan berputar searah jarum jam (*Clock Wise*, CW) dengan membentuk sudut yang linier pula terhadap besarnya *Ton duty cycle*, dan bertahan diposisi tersebut (Amien, 2017).



**Gambar 2.4** *Motor Operated Valve* (Amien, 2017)

## 2.6 Mikrokontroler Atmega 32

Atmega32 merupakan mikrokontroler AVR 8 bit berkemampuan tinggi dengan daya yang rendah, dan memiliki 32 x 8 *general purpose working register*. Kecepatan eksekusi program yang dimiliki atmega32 lebih cepat karena sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 *clock* dengan arsitektur RISC hampir mencapai 16 MIPS pada frekuensi 16 MHz. Memori data dan program yang tidak mudah hilang (*Nonvolatile Program and Data Memories*) dengan Pemrograman Flash memiliki kapasitas 8K Bytes, dan memiliki daya tahan 10000 siklus tulis/hapus program. Fasilitas *timer/counter* yang ada pada mikrokontroler ini terdiri dari dua buah *Timer/Counter* 8 bit dan satu buah *Timer/Counter* 16 bit. Fitur-fitur lainnya yang disediakan atmega32 adalah adanya 4 kanal PWM, 6 kanal ADC 10 bit, pemrograman serial USART, *On-chip Analog Comparator*, dan *interrupt* (Madhawirawan, 2012).



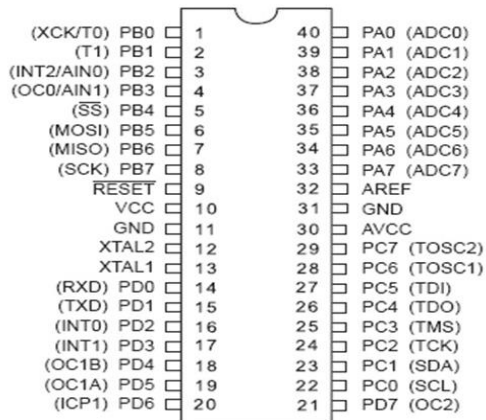
**Gambar 2.5** Atmega32 (Madhawirawan, 2012)

### 2.6.1 Arsitektur Atmega 32

Untuk meningkatkan kemampuan, mikrokontroler AVR atmega 32 menggunakan teknologi RISC (*Reduced Instruction Set Computer*) di mana set instruksi dikurangi lebarnya sehingga semua instruksi mempunyai panjang 16 bit dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam *single clock*, serta pengurangan kompleksitas pengalaman. Mikrokontroler AVR menggunakan

arsitektur Harvard dengan memisahkan memori dan jalur bus untuk program dan data agar meningkatkan kemampuan karena dapat mengakses program memori dan data memori secara bersamaan. Mikrokontroler AVR memiliki *fast access register file* dengan 32 register x 8 bit. Dengan 32 register AVR dapat mengeksekusi beberapa instruksi sekali jalan (*single cycle*). 6 dari 32 register yang ada dapat digunakan sebagai *indirect address register pointer* 16 bit untuk pengalamatan *data space*, yang memungkinkan penghitungan alamat yang efisien.

### 2.6.2 Konfigurasi Pin Atmega32



**Gambar 2.6** Konfigurasi Pin Atmega 32 (Anonymous, 2008)

Penjelasan konfigurasi PIN pada mikrokontroler AVR atmega 32 komputer, secara umum :

- Pin 1 sampai 8 (*Port B*) merupakan *port parallel* 8 bit dua arah (*bidirectional*), yang dapat digunakan untuk *general purpose* dan *special feature*, sebagai *timer/counter*, komparator analog, dan SPI.

- b. Pin 9 (*Reset*) jika terdapat minimum *pulse* pada saat *active low*. *Reset* merupakan pin yang digunakan untuk me-reset mikrokontroler.
- c. Pin 10 (VCC) merupakan catu daya positif, dihubungkan ke Vcc (2,7 – 5,5 Volt).
- d. Pin 11 dan 31 (GND) sebagai pin *ground* catu daya negatif. dihubungkan ke Vss atau *Ground*.
- e. Pin 12 (XTAL 2) adalah pin masukkan ke rangkaian osilator *internal*. Sebuah osilator kristal atau sumber osilator luar dapat digunakan.
- f. Pin 13 (XTAL 1) adalah pin keluaran ke rangkaian osilator *internal*. Pin ini dipakai bila menggunakan osilator kristal.
- g. Pin 14 sampai 21 (*Port D*) adalah 8-bit dua arah (*bi-directional I/O*) *port* dengan *internal pull-up resistors* digunakan untuk *general purpose* dan *special feature*, sebagai komparator analog, interupsi eksternal dan komunikasi serial.
- h. Pin 22 sampai 29 (*Port C*) adalah 8-bit dua arah (*bi-directional I/O*) *port* dengan *internal pull-up resistors* digunakan untuk *general purpose* dan *special feature*, sebagai, TWI, komparator analog, dan timer osilator.
- i. Pin 30 adalah AVCC sebagai pin tegangan untuk ADC. Pin penyuplai daya untuk *port A* dan *A/D converter* dan dihubungkan ke Vcc. Jika ADC digunakan maka pin ini dihubungkan ke Vcc.
- j. Pin 32 adalah AREF pin yang berfungsi sebagai pin tegangan referensi untuk pin analog jika *A/D Converter* digunakan.
- k. Pin 33 sampai 40 (*Port A*) adalah 8-bit dua arah (*bi-directional I/O*) *port* dengan *internal pull-up resistors* digunakan untuk *general purpose* dan dapat diprogram sebagai pin dari ADC.

### 2.6.3 Memory Atmega 32

Mikrokontroler atmega 32 memiliki 3 jenis memori, yaitu memori program, memori data, dan memori EEPROM. Ketiganya memiliki ruang sendiri dan terpisah



### **a. Flash Memory**

Atmega 32 memiliki 32 Kbyte *On – Chip In – System Reprogrammable Flash Memory* yang digunakan untuk menyimpan program dan menyimpan vektor interupsi. Karena semua instruksi pada AVR mempunyai lebar instruksi 16 atau 32 bit, maka Atmega 32 memiliki organisasi memori 16 KByte x 16 bit dengan alamat dari \$0000 sampai \$3FFF. Untuk keamanan *software*, *flash program memory* dibagi menjadi dua bagian, *Boot Program* dan *Application Program*, Atmega 32 memiliki *Program Counter* (PC) dengan lebar 14 bit untuk mengalami *program memory* sebesar 16 KByte.

### **b. SRAM (Static Random Access Memory)**

SRAM (*Static Random Access Memory*) atau biasa disebut juga *data memory* yang berfungsi untuk menyimpan data sementara, SRAM merupakan memori yang termasuk golongan *volatile* yang berarti data akan hilang ketika tidak mendapat sumber listrik. Pada Atmega 32 terdapat tiga bagian pada data memori yaitu, *Register file* untuk *register* R0 sampai R31 dengan alamat data dari \$0000 sampai dengan \$001F, *I/O Register* dengan alamat data dari \$0020 sampai dengan \$005F, dan Internal SRAM dengan alamat dari \$0060 sampai dengan \$085F. Pada atmega 32 memiliki Internal SRAM sebesar 2 KByte.

### **c. EEPROM ( Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory)**

EEPROM secara umum digunakan untuk menyimpan data yang tetap, EEPROM termasuk golongan memori *non – volatile* yang berarti data tidak akan hilang walaupun EEPROM tersebut kehilangan sumber listrik. Pada atmega 32 terdapat EEPROM sebesar 1KByte yang dapat diakses *read / write* sesuai kebutuhan. (Anonymous, 2008).

## **2.7 LCD (Liquid Crystal Display)**

LCD (*Liquid Crystal Display*) atau display elektronik adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan

suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. LCD adalah salah satu jenis display elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS *logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit*. LCD merupakan lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan *seven-segment* dan lapisan elektroda pada kaca belakang. Ketika elektroda diaktifkan dengan medan listrik (tegangan), molekul organik yang panjang dan silindris menyesuaikan diri dengan elektroda dari segmen. Lapisan sandwich memiliki *polarizer* cahaya vertikal depan dan *polarizer* cahaya horisontal belakang yang diikuti dengan lapisan reflektor. Cahaya yang dipantulkan tidak dapat melewati molekul-molekul yang telah menyesuaikan diri dan segmen yang diaktifkan terlihat menjadi gelap dan membentuk karakter data yang ingin ditampilkan. Bentuk fisik dari LCD 20x4 ditunjukkan pada gambar 2.7



**Gambar 2.7** LCD 20x4 (“LCD (Liquid Cristal Display),”  
n.d.)

Pin, kaki atau jalur input dan kontrol dalam suatu LCD (*Liquid Cristal Display*) diantaranya adalah :

- **Pin data** adalah jalur untuk memberikan data karakter yang ingin ditampilkan menggunakan LCD (*Liquid Cristal Display*)

dapat dihubungkan dengan bus data dari rangkaian lain seperti mikrokontroler dengan lebar data 8 bit.

- **Pin RS (*Register Select*)** berfungsi sebagai indikator atau yang menentukan jenis data yang masuk, apakah data atau perintah. Logika *low* menunjukkan yang masuk adalah perintah, sedangkan logika *high* menunjukkan data.
- **Pin R/W (*Read Write*)** berfungsi sebagai instruksi pada modul jika *low* tulis data, sedangkan *high* baca data.
- **Pin E (*Enable*)** digunakan untuk memegang data baik masuk atau keluar.
- **Pin VLCD** berfungsi mengatur kecerahan tampilan (kontras) dimana pin ini dihubungkan dengan trimpot 5 Kohm, jika tidak digunakan dihubungkan ke *ground*, sedangkan tegangan catu daya ke LCD sebesar 5 Volt (“LCD (Liquid Cristal Display),” n.d.).

## 2.8 Logika Fuzzy

*Fuzzy* secara bahasa diartikan sebagai kabur atau samar yang artinya suatu nilai dapat bernilai benar atau salah secara bersamaan. Logika *fuzzy* merupakan suatu logika yang memiliki nilai kekaburan atau kesamaran antara benar atau salah. Dalam *fuzzy* dikenal derajat keanggotaan yang memiliki rentang nilai 0 (nol) hingga 1 (satu) dan logika *fuzzy* menunjukkan sejauh mana suatu nilai benar dan sejauh mana suatu nilai itu salah. Namun seberapa besar kebenaran dan kesalahan tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya. Konsep logika *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh professor Lotfi A. Zadeh dari Universitas California, pada bulan Juni 1965. Logika *fuzzy* menyediakan mekanisme untuk merepresentasikan ukuran variabel linguistik seperti “banyak”, “sedikit”, “sedang”, “jarang”, dan sebagainya. Sebagai contoh seseorang dengan tinggi diatas 2 meter dapat dikatakan tinggi sedangkan selain itu dikatakan rendah untuk kasus bilangan biner. Sebagai contoh jika tinggi merupakan himpunan yang didefinisikan lebih dari 2 meter maka nilai 1,99 meter akan dianggap rendah oleh perhitungan komputer. Pada

perhitungan *fuzzy*, nilai 1.99 bukan nilai yang dapat dikatakan rendah melainkan tinggi dalam takaran tertentu (Sari, 2016).

## 2.9 Teori Ketidakpastian (Dr. Ir. Totok Soehartanto et al., 2016)

Ketidakpastian pengukuran merupakan tingkat seberapa besar ketidakpastian yang dihasilkan oleh suatu alat ukur. Dalam menghitung ketidakpastian pengukuran ada beberapa langkah yang harus dihitung, antara lain:

### a. Koreksi

Koreksi dapat diperoleh dengan persamaan berikut :

$$\text{Koreksi (Y)} = \text{P. Standar} - \text{P. Alat} \dots \dots \dots (2.1)$$

### b. Standard deviasi

Standar deviasi dapat diperoleh dengan persamaan berikut :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(y-y')^2}{n-1}} \dots \dots \dots (2.2)$$

### c. Nilai Ketidakpastian Tipe A ( $U_a$ )

Pada analisa tipe A ini hasilnya diperoleh dari data pengukuran. Adapun persamaannya adalah sebagai berikut:

- Nilai Ketidakpastian Hasil Pengukuran ( $U_{a1}$ )

$$U_{a1} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \dots \dots \dots (2.3)$$

- Nilai Ketidakpastian Pendekatan Regresi ( $U_{a2}$ )

$$U_{a2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}} \dots \dots \dots (2.4)$$

$$b = \frac{n \cdot \sum xy - \sum x \sum y}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2} \dots \dots \dots (2.5)$$

$$a = y' - (b \cdot x') \dots \dots \dots (2.6)$$

$$Y_{reg} = a + (b \cdot xi) \dots \dots \dots (2.7)$$

$$SSR = \sum (y - Y_{reg})^2 \dots \dots \dots (2.8)$$

#### d. Nilai Ketidakpastian Tipe B ( $U_b$ )

Pada tipe ini terdapat 2 parameter ketidakpastian, yaitu ketidakpastian Resolusi ( $U_{b1}$ ) dan Ketidakpastian alat standar *thermopalm* ( $U_{b2}$ ). Dengan perhitungan sebagai berikut:

- Ketidakpastian Resolusi ( $U_{b1}$ )

$$U_{b1} = \frac{\frac{1}{2} \times \text{Resolusi}}{\sqrt{3}} \dots \dots \dots (2.9)$$

- Ketidakpastian Alat Standar ( $U_{b2}$ )

$$U_{b2} = \frac{a}{k} \dots \dots \dots (2.10)$$

#### e. Nilai ketidakpastian kombinasi $U_c$

Nilai ketidakpastian kombinasi  $U_c$  dapat diperoleh dengan persamaan berikut :

$$U_c = \sqrt{U_{a1}^2 + U_{a2}^2 + U_{b1}^2 + U_{b2}^2} \dots \dots \dots (2.11)$$

#### f. Nilai Derajat Kebebasan Efektif ( $V_{eff}$ )

Nilai derajat kebebasan efektif ( $V_{eff}$ ) dapat diperoleh dengan persamaan berikut :

$$V_{eff} = \frac{(U_c)^4}{\sum (U_i)^4 / V_i} \dots \dots \dots (2.12)$$

Dengan kondisi  $V$  atau derajat kebebasan dari kedua tipe ketidakpastian, adalah

$$V = n - 1 \dots \dots \dots (2.13)$$

#### g. Ketidakpastian Diperluas

Hasil akhir kalibrasi adalah ketidakpastian diperluas sehingga alat ukur tersebut dapat diketahui ketidakpastiannya melalui  $U_{expand}$ . Persamaan  $U_{expand}$  adalah:

$$U_{exp} = k \times U_c \dots \dots \dots (2.14)$$

Untuk mencari nilai k, maka melihat table t student sesuai dengan *confidence level* 95%.

## **2.10 Karakteristik Statik** (Dr. Ir. Totok Soehartanto et al., 2016)

Karakteristik statik adalah sifat sebuah instrumen yang tidak bergantung pada waktu. Beberapa karakteristik statik instrumen yang sering digunakan adalah :

### **a. Range**

*Range* adalah jangkauan pengukuran sebuah instrumen.

### **b. Span**

*Span* adalah selisih antara nilai minimum dan maksimum yang terukur oleh suatu instrumen atau alat ukur.

### **c. Resolusi**

Resolusi adalah skala terkecil yang mampu ditunjukkan oleh alat ukur.

### **d. Sensitivitas**

Sensitivitas menunjukkan perubahan *output instrument* yang terjadi saat diberi kualitas pengukuran yang berbeda.

$$\text{Sensitivitas} = \frac{\Delta O}{\Delta I} \dots\dots\dots(2.15)$$

### **e. Histerisis**

Histerisis menunjukkan perbedaan nilai *output* pembacaan saat menggunakan nilai *input* naik (dari rendah ke tinggi), dengan nilai *output* pembacaan saat menggunakan nilai *input* turun (dari tinggi ke rendah). Histeresis biasanya dinyatakan dalam histeresis maksimum dalam bentuk prosentase skala penuh, yaitu:

$$\widehat{H} = \frac{o_{IU} - o_{IT}}{o_{\max} - o_{\min}} 100\% \dots\dots\dots(2.16)$$

**f. Akurasi**

Akurasi merupakan tingkat ketelitian suatu alat dalam memberikan hasil pengukuran.

$$A = 1 - \sum \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \times 100\% \dots \dots \dots (2.17)$$

**g. Error**

*Error* adalah perbedaan nilai hasil pengukuran dengan nilai sebenarnya dari objek yang diukur.

$$e = 1 - A \dots \dots \dots (2.18)$$

**2.11 Teori Respon Sistem**

Adapun terdapat beberapa macam ukuran kualitas respon yang lazim digunakan, antara lain :

**a. Rise time ( $t_r$ )**

*Rise time* adalah ukuran waktu yang diukur mulai dari respon detik ke 0 sampai dengan respon memotong *steady state* pertama.

**b. Peak time ( $t_p$ )**

*Peak time* adalah waktu yang diperlukan untuk mencapai *peak* pertama dari *overshoot*.

**c. Maximum overshoot ( $M_p, \%$ )**

*Maximum overshoot* adalah nilai puncak (*peak*) maksimum dari kurva *respons* yang diukur

$$M_p = \frac{C_{(t_p)} - C_{\infty}}{C_{\infty}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.19)$$

**d. Error Steady State (Ess)**

*Error Steady State* adalah Kesalahan yang merupakan selisih antara keluaran yang sebenarnya dengan keluaran yang diharapkan (Anonymous, n.d.-b).

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

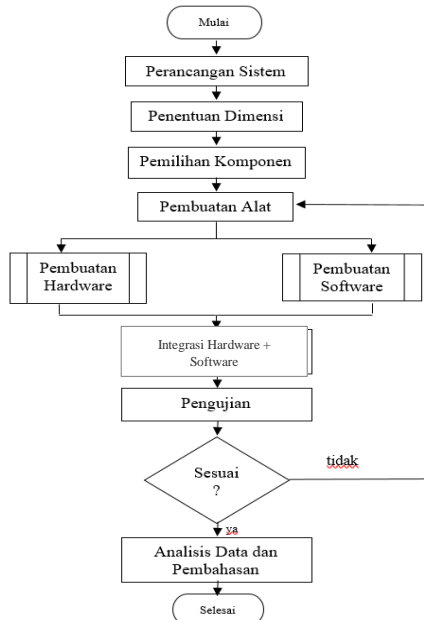
### 3.1 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan untuk mengerjakan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Sensor Termokopel
- b. Max6675
- c. Mikrokontroler Atmega 32
- d. *Motor Operated Valve*
- e. Lilitan Tembaga ½ dim
- f. *Steam drum*

### 3.2 Prosedur Perancangan Alat

Langkah-langkah perancangan alat ini digambarkan dalam *flowchart* pengerjaan yang dapat dilihat pada gambar berikut ini :



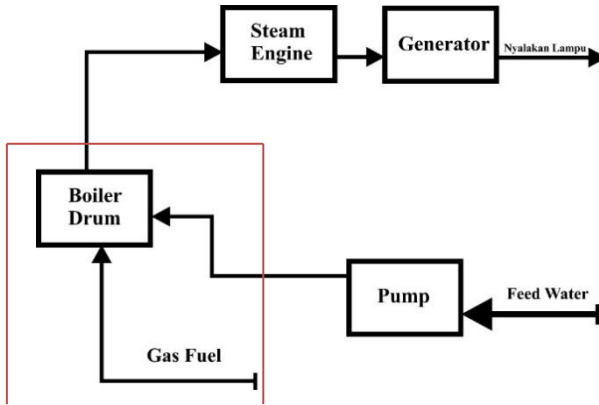
**Gambar 3.1** Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir



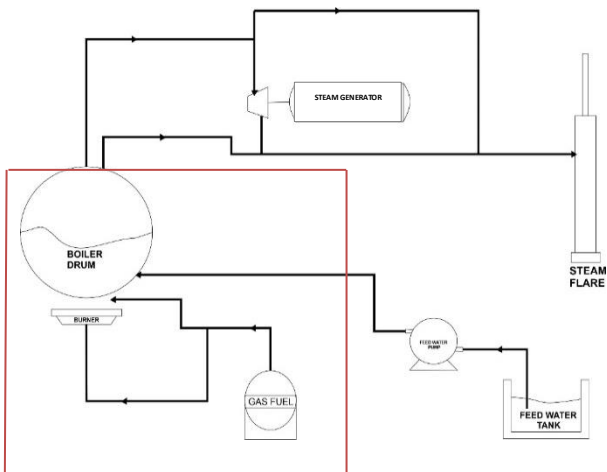
Adapun penjelasan dari langkah-langkah *flowchart* / diagram alir ini adalah sebagai berikut :

### 3.2.1 Perancangan Sistem

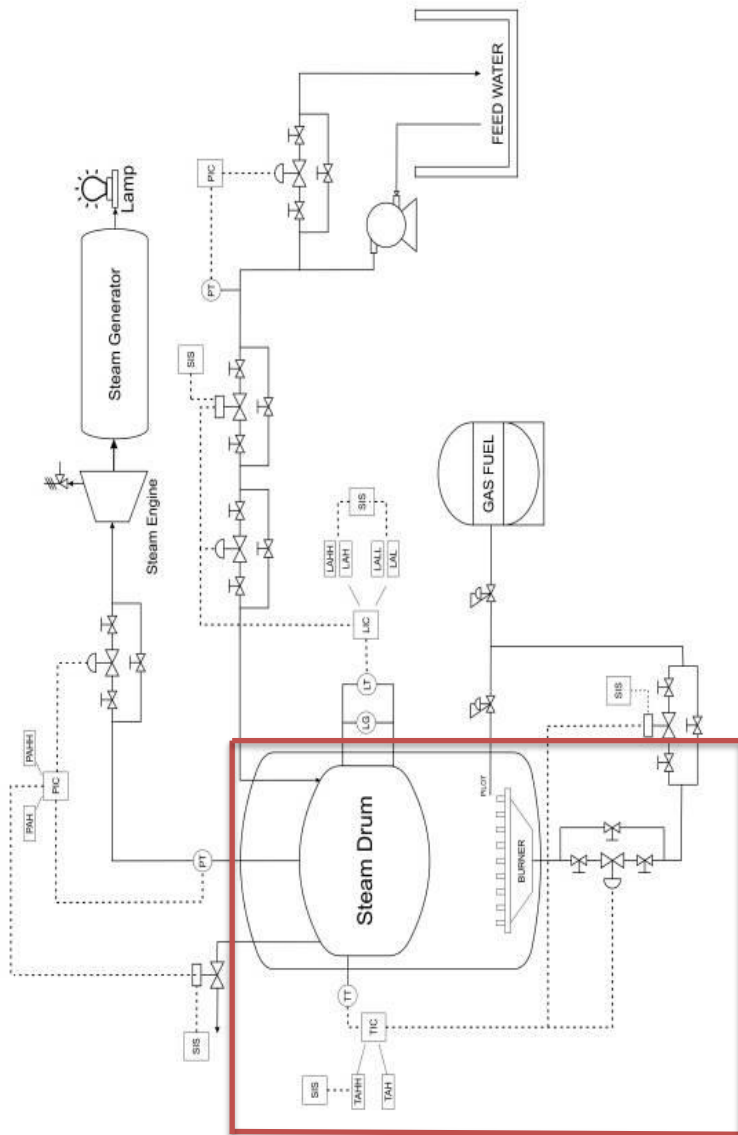
Pada tahap ini dilakukan perancangan sistem yaitu pembuatan BFD, PFD, P&ID, dan desain 3D :



**Gambar 3.2 BFD**



**Gambar 3.3 PFD**

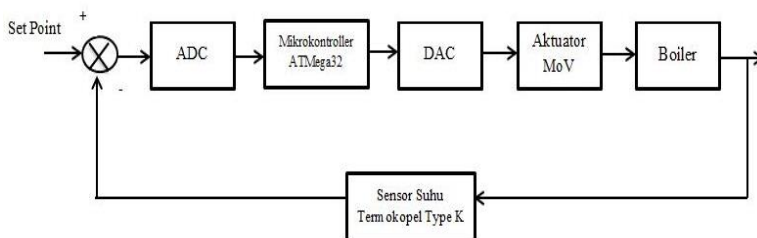


Gambar 3.4 P&amp;ID

Pada gambar 3.4 merupakan P&ID dari *boiler* pada *mini plant steam engine*. *Boiler* yang di gunakan pada tugas akhir ini adalah *boiler* dengan tipe *water tube*. *Boiler* yang terdapat serangkaian pipa-pipa yang didalamnya terdapat air, dan proses perapian terjadi diluar pipa. *Boiler* yang dirancang mempunyai banyak proses yaitu mulai dari bahan yang digunakan air dari tangki *feed water* yang menuju ke proses pembakaran agar nantinya air yang dipanaskan didalam *furnace boiler* berubah menjadi uap bertekanan yang akan menggerakkan *steam engine* dan digunakan untuk memenuhi kebutuhan beban.

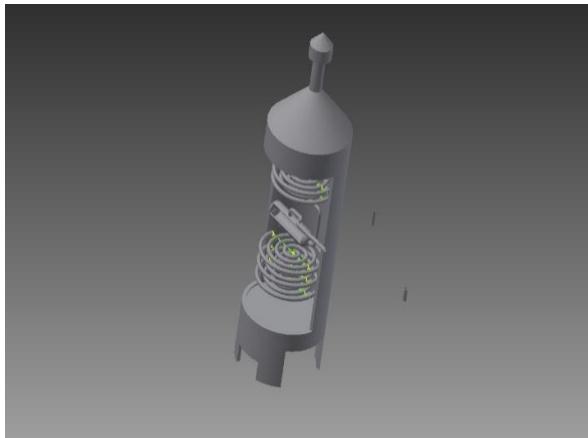
Proses *boiler* yang berawal dari air *feed water* yang kemudian dialirkan ke *steam drum* pada *steam drum* ini terjadi pemisahan antara fase air dan fase uap, ketinggian air pada *steam drum* harus dijaga agar stabil sehingga terdapat sistem kontrol level pada *steam drum*, dan pada proses pembakaran juga terdapat sistem kontrol temperatur yang bertujuan untuk menyalakan dan menghidupkan api secara otomatis.

Pada tugas akhir ini dilakukan perancangan sistem kontrol temperatur yang di tandai dengan kotak merah pada P&ID tersebut. *Boiler* yang dirancang membutuhkan temperatur didalam *steam drum* yaitu  $\pm 115^{\circ}\text{C}$ . Berikut ini adalah Diagram blok Rancang Bangun Sistem Pengendalian Temperatur *Boiler* pada *MiniPlant Steam Engine* dapat dilihat pada gambar di bawah ini



**Gambar 3.5** Diagram Blok Sistem Pengendalian Temperatur

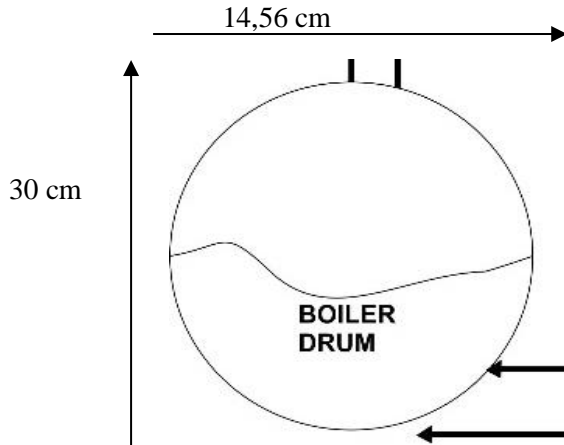
Gambar 3.5 adalah diagram blok sistem Pengendalian Temperatur pada *boiler*. Atmega32 sebagai *controller*, untuk pembandingan antara *setpoint* dengan *feedback* agar temperatur sesuai dengan *setpoint*. Setelah itu temperatur yang masuk akan melalui MoV yang bertindak sebagai *actuator* yang berfungsi untuk mengatur laju aliran dari temperatur yang masuk. Setelah itu di proses oleh *steam drum boiler* yang bertindak sebagai plan atau tempat pemrosesan. Sebelum temperatur dari *boiler* di keluarkan untuk *steam engine* di proses kembali oleh sensor / *transmitter* yang berfungsi sebagai *feedback* dimana temperatur tersebut akan di proses kembali sesuai dengan *setpoint* yang dibutuhkan jika belum sesuai maka akan di proses kembali hingga sesuai dengan yang diinginkan / *setpoint*. Ketika temperatur pada *boiler low* / rendah yang dilakukan ialah membuka *valve* sehingga dapat memperbesar api pada *burner* dari *gas fuel* yaitu LPG sehingga kenaikan temperatur dapat meningkat. Sedangkan ketika temperatur pada *boiler high* / tinggi maka yang dilakukan ialah dengan menutup *valve* dengan bukaan *valve* yang telah di tentukan, sehingga dapat mengecilkan api pada *burner* atau mematikan api.



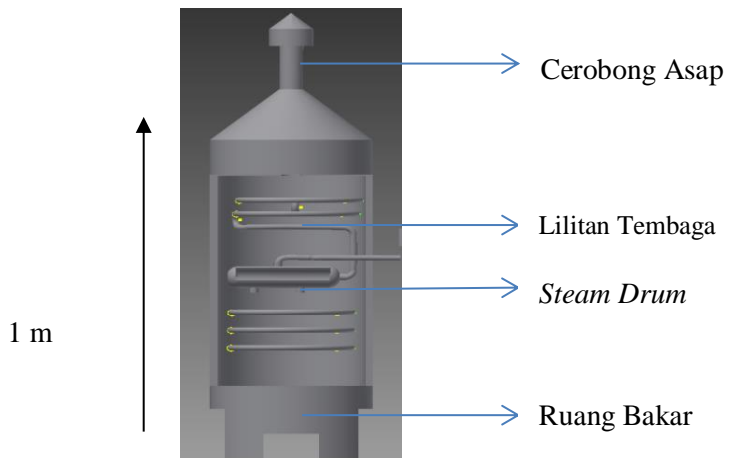
**Gambar 3.6** Desain *Boiler*

### 3.2.2 Penentuan Dimensi

Pada tahapan ini dilakukan perhitungan dan penentuan dimensi yaitu :



**Gambar 3.7** *Steam drum*



**Gambar 3.8** Diagram Skematik Rancangan *Boiler*

### 3.2.3 Pemilihan komponen

Pada tahap ini dilakukan pemilihan komponen yang digunakan untuk membuat tugas akhir :

#### a. Sensor Termokopel Tipe K



**Gambar 3.9** Termokopel Tipe K

Sensor suhu yang di gunakan adalah sensor Termokopel Tipe K, terdiri dari bahan logam konduktor positif : *Nickel-Chromium*, bahan logam konduktor negatif : *Nickel-Alumunium*. Sensor ini memiliki range pengukuran 0-400°C.

Dilakukan pemilihan sensor Termokopel Tipe K di karenakan sensor yang paling umum digunakan di dunia industri dan standar. Macam termokopel banyak dan memiliki *range* pengukuran yang luas. Termokopel memiliki struktur sederhana, mudah digunakan. Termokopel biasanya terdiri dari dua kabel yang berbeda, dan tidak dibatasi oleh ukuran dan awal, pelindung lengan luar, dengan sangat nyaman untuk digunakan. Harga termokopel ekonomis dan bisa mengukur dengan suhu tinggi.

#### b. Max6675



**Gambar 3.10** Max6675

Max6675 adalah Antarmuka termokopel tunggal menghubungkan antara sensor termokopel dengan perangkat mikrokontroler. MAX6675 dibentuk dari kompensasi *cold-junction* yang outputnya didigitalisasi dari sinyal termokopel tipe-K. Data output memiliki resolusi 12-bit dan mendukung komunikasi SPI mikrokontroler secara umum. Data dapat dibaca dengan mengkonversi hasil pembacaan 12-bit data. Fitur : Konversi digital langsung dari output termokopel tipe-K, Kompensasi *cold-junction*, Komunikasi kompatibel dengan protokol SPI, *Open thermocouple detection*.

Dilakukan pemilihan max6675 di karenakan Termokopel merupakan komponen yang sensitif, oleh karena itu tentu saja termokopel memerlukan sebuah *amplifier* yang baik. MAX6675 bisa menjadi alternatif untuk *amplifier* termokopel tersebut, kelebihan dari *amplifier* ini dapat dengan mudah di hubungkan ke mikrokontroler, selain itu dapat digunakan tanpa *input analog*, dan max6675 adalah salah satu IC atau chip yang populer untuk melakukan konversi termokopel secara digital.

### c. Atmega 32



**Gambar 3.11** Atmega 32

Atmega32 merupakan mikrokontroler AVR 8 bit berkemampuan tinggi dengan daya yang rendah. Kecepatan eksekusi program yang dimiliki atmega32 lebih cepat karena sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 *clock* dengan

arsitektur RISC hampir mencapai 16 MIPS pada frekuensi 16 MHz.

#### **d. Motor Operated Valve**



**Gambar 3.12** *Motor Operated Valve*

MoV adalah sebuah motor DC yang dilengkapi rangkaian kendali dengan sistem *closed feedback* yang terintegrasi dalam motor tersebut. Pada MoV posisi putaran sumbu (*axis*) dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam MoV. MoV disusun dari sebuah motor DC, *gearbox*, variabel resistor (VR) atau potensiometer dan rangkaian kontrol.

### **3.2.4 Pembuatan Alat**

Pada tahap ini dilakukan pembuatan alat yaitu pembuatan *hardware* dan *software*

#### **a. Pembuatan Hardware**

Dalam pembuatan *hardware* tugas akhir ini terdapat beberapa aspek yang perlu diperhatikan. Pada tugas akhir ini membahas pengendalian temperatur yang ada pada *steam drum boiler*, yang akan di kendalikan adalah suhu di dalam *boiler* yang nantinya akan masuk ke *steam engine* dengan menggunakan atmega32 sebagai *controller* dari sistem pengendalian. Suhu ditentukan dengan *setpoint* 115°C di dalam *steam drum boiler*.



### b. Pembuatan Software

Pada tahap ini perancangan *software* merupakan siklus gabungan untuk rangkaian pemrosesan sinyal. Rangkaian pemrosesan sinyal pada alat ini menggunakan mikrokontroler atmega32. Untuk membuat program pada atmega32, dibutuhkan *software* CodeVision AVR.

```
void read_temperature(){
    SPI_enable = 0;
    result = (unsigned)spi(0)<<8;
    result |= spi(0);
    SPI_enable = 1;
    result = (unsigned) (((unsigned long)result*5000)/4096L);
    satuan = result/40;
    koma = result%40;
    suhu = satuan;
    sprintf(display, "SUHU = %d,%d C", satuan, koma);
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_puts(display);
}
```

**Gambar 3.13** Tampilan *Listing Program Software* CodeVision AVR

### 3.2.5 Integrasi *Hardware* dan *Software*

Integrasi dilakukan untuk membuat plant berjalan, dengan menyambungkan *hardware* dengan *software* yang telah di buat. Namun sebelum di lakukan integrasi perlu dilakukan pengujian fungsi tiap komponen, dan kalibrasi alat yang dilakukan untuk mengetahui kinerja tiap komponen. Jika hasil uji komponen tidak sesuai fungsi maka akan dilakukan perancangan ulang, sedangkan jika sudah sesuai maka akan dilanjutkan ke tahapan berikutnya.

### 3.2.6 Pengujian

Pengujian sistem secara keseluruhan bertujuan untuk memastikan jika komponen sudah saling terintegrasi satu sama lain.

### **3.2.7 Analisa Data dan Pembahasan / Pembuatan Laporan**

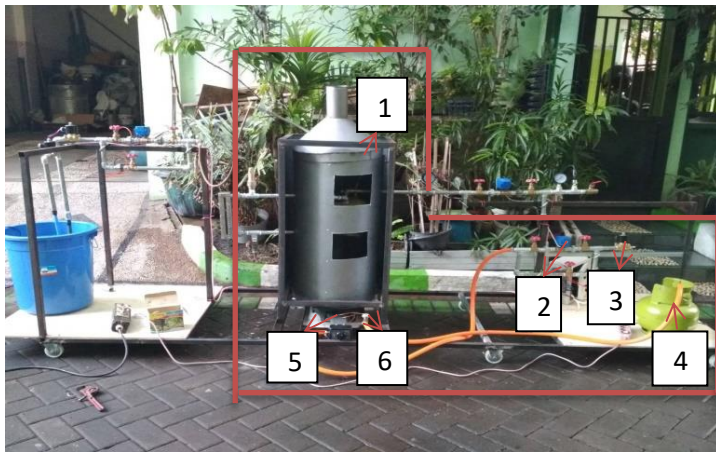
Alat yang sudah terintegrasi satu sama lain untuk dilakukan analisa dari kinerja alat tersebut dan dibuat Pembahasan. Pembuatan laporan dilakukan berdasarkan data yang didapat dari analisa kinerja alat.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Rancang Bangun Alat

Berikut ini adalah hasil rancang bangun sistem pengendalian temperatur *boiler* pada *mini plant steam engine*



**Gambar 4.1** Plant Tugas Akhir

Keterangan :

1. Sensor Termokopel Tipe K
2. MoV
3. Solenoid
4. LPG
5. Kompor Miyako ML-288
6. Pemantik

Pada sistem pengendalian temperatur *boiler* pada *mini plant steam engine* ini menggunakan sensor termokopel tipe-K. Sensor termokopel tipe-K ini mempunyai *range* pengukuran sebesar 0 - 400°C. Sensor termokopel dipasang pada bagian *steam drum*

*boiler*, yang ditandai pada gambar 4.2. Termokopel tipe-K hanya membutuhkan *supply* tegangan +5 Volt. Seperti sensor temperatur pada umumnya, sensor akan mengubah temperatur menjadi tegangan. Semakin besar temperatur yang terbaca, semakin besar pula tegangan yang dihasilkan. Sensor disambungkan ke mikrokontroler atmega32 pada panel, namun sebelum ke mikrokontroler atmega32 perlu adanya rangkaian pengkondisi sinyal yaitu max6675, yang kemudian akan memberikan perintah pada aktuator yang berupa *motor operated valve* untuk menyalahkan dan mematikan api pada ruang bakar *boiler*. Berikut ini merupakan penempatan sensor termokopel tipe K di bagian *steam drum boiler*.



Penempatan  
Sensor  
Termokopel

**Gambar 4.2** Penempatan sensor Termokopel Tipe K

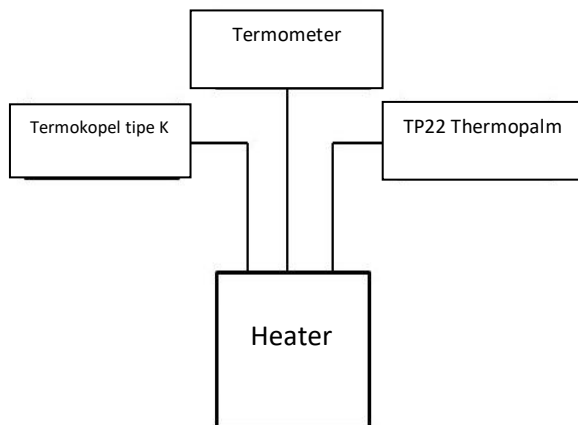
Ketika temperatur dalam *boiler* melebihi *setpoint* suhu sekitar 115°C maka kontroler akan mengaktifkan aktuator untuk mematikan api pada ruang bakar *boiler*. Sebaliknya ketika temperatur kurang dari *setpoint* maka kontroler akan akan

mengaktifkan aktuator untuk menyalakan api pada ruang bakar *boiler*.

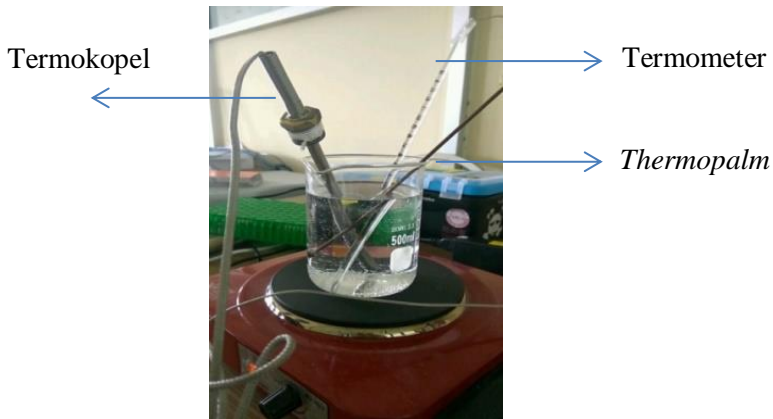
Agar dapat mengetahui dan menganalisa sensor yang digunakan dan rangkaian yang telah dibuat dapat berfungsi dengan baik maka diperlukan adanya pengujian terhadap rangkaian yang telah dibuat. Pengujian sensor dilakukan untuk mengetahui karakteristik statik maupun karakteristik dinamik sensor termokopel tipe K.

#### 4.2 Pengujian Sensor Termokopel Tipe K

Pengujian alat ukur ini dilakukan dengan membandingkan alat ukur standar dengan alat ukur suhu yang digunakan. Alat ukur standar yang digunakan adalah TP22 *ThermoPalm* yang telah standard dan terkalibrasi langsung dibandingkan dengan sensor termokopel K. Kedua alat ini mempunyai fungsi yang sama yaitu untuk mengukur suhu. Berikut ini merupakan rangkaian kalibrasi pada sensor termokopel dengan kalibrator TP22 *Thermo Palm*.



**Gambar 4.3** Blok Diagram Pengujian



**Gambar 4.4** Kalibrasi Sensor Termokopel

Uji sensor termokopel dilakukan dengan membandingkan nilai hasil pengukuran alat standart TP22 *ThermoPalm* dengan nilai pembacaan dari sensor termokopel yang hasil pengukurannya dalam bentuk bilangan digital yang ditampilkan pada *display* (LCD) 20x4, kedua sensor tersebut direndam pada *heater* yang berisi air kemudian *heater* dipanaskan. Untuk pengambilan data / nilai hasil pengukuran dengan *range* pengukuran 30-115°C, pada pengambilan data dengan mengambil data naik dan data turun dengan *procedure* yang sama, Berikut ini merupakan data hasil kalibrasi sensor termokopel K dengan sensor TP22 *ThermoPalm*.

**Tabel 4.1** Hasil Pengambilan Data Naik

No	Pembacaan Standart (°C)	Pembacaan Alat (°C)			Rata-Rata (°C)
		1	2	3	
1	30	30,4	30,8	31,1	30,76667
2	40	41,3	41,2	40,7	41,06667
3	50	50,1	50,3	51,5	50,63333
4	60	61,1	60,4	62,1	61,2
5	70	70,3	70,8	70,5	70,53333

**Tabel 4.1** Lanjutan

No	Pembacaan Standart (°C)	Pembacaan Alat (°C)			Rata-Rata (°C)
		1	2	3	
6	80	80,4	81,1	81,3	80,93333
7	90	90,7	90,2	90,3	90,4
8	100	100,3	100,5	100,1	100,3
9	115	115,5	115,4	115,2	115,37

**Tabel 4.2** Hasil Pengambilan Data Turun

No	Pembacaan Standart (°C)	Pembacaan Alat (°C)			Rata-Rata (°C)
		1	2	3	
1	115	115,5	115,4	115,2	115,37
2	100	100,4	99,7	100,2	100,1
3	90	90,7	90,2	90,3	90,4
4	80	80,7	79,6	81,1	80,46667
5	70	70,5	70,3	70,7	70,5
6	60	60,2	61,1	60,7	60,66667
7	50	50,6	50,9	51,5	51
8	40	40,4	39,5	41,2	40,36667
9	30	29,3	30,1	30,5	29,96667

**Tabel 4.3** Tabel Uji Sensor

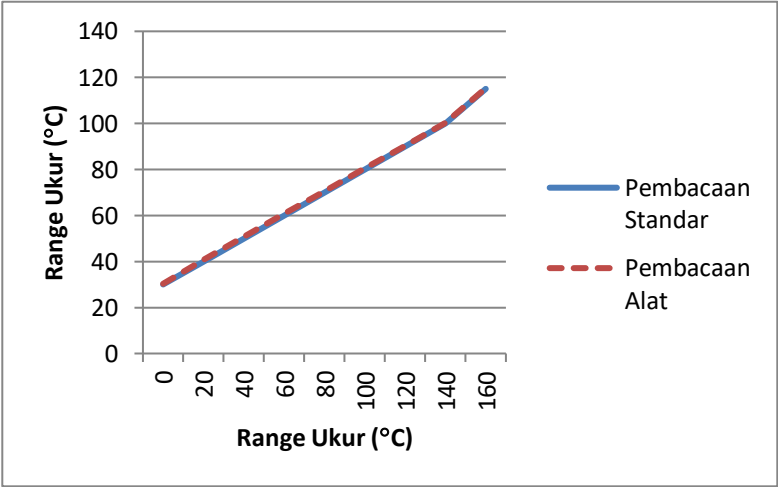
No	Pembacaan Standar (X) (°C)	Pemb.Alat (°C)		Rata2 Pemb. Alat	Koreksi (Y) (°C)
		Rata2 Naik	Rata2 Turun		
1	30	30,7	29,9	30,3	-0,3
2	40	41	40,3	40,65	-0,65
3	50	50,6	51	50,8	-0,8
4	60	61,2	60,6	60,9	-0,9
5	70	70,5	70,5	70,5	-0,5
6	80	80,9	80,4	80,65	-0,65
7	90	90,4	90,4	90,4	-0,4



Tabel 4.3 Lanjutan

No	Pembacaan Standar (X) (°C)	Pemb.Alat (°C)		Rata2 Pemb. Alat	Koreksi (Y) (°C)
		Rata2 Naik	Rata2 Turun		
8	100	100,3	100,1	100,2	-0,2
9	115	115,3	115,3	115,3	-0,3
Jumlah	635				-4,7
Rata2	70,55				-0,5
Jml X <sup>2</sup>	403225				

Dari tabel diatas diperoleh grafik perbandingan pembacaan standar dengan pembacaan alat.



Gambar 4.5 Grafik Uji Sensor

Pada gambar 4.5 dapat dilihat perbandingan antara sensor termokopel tipe k dengan sensor TP22 *ThermoPalm*, dari grafik tersebut pembacaan alat ukur sudah mendekati dengan nilai standar yang ditunjukkan pada sensor TP22 *ThermoPalm*.

Kemudian data yang diperoleh dihitung sesuai dengan tabel dibawah ini.

**Tabel 4.4** Perhitungan Uji Sensor

No	X (°C)	X <sup>2</sup> (°C)	(Y-Y') <sup>2</sup> (°C)	X * Y (°C)	Y <sub>reg</sub> (°C)	SR (°C)
1	30	900	0,09	-9	-0,6	0,09
2	40	1600	0,0025	-26	-0,6	0,0025
3	50	2500	0,04	-40	-0,6	0,04
4	60	3600	0,09	-54	-0,6	0,09
5	70	4900	0,01	-35	-0,5	0,01
6	80	6400	0,0025	-52	-0,4	0,0025
7	90	8100	0,04	-36	-0,4	0,04
8	100	10000	0,103	-20	-0,4	0,04
9	115	13225	0,049	-34,5	-0,3	0,002
Jml	635	51225	0,470	-306,5	SSR = 0,37	
Rata	70,5	5691,7	0,052	-34,06		

Pengujian alat ukur ini bertujuan untuk mengetahui besar ketidakpastian alat ukur yang dibuat, sehingga dengan mengetahui hal tersebut bisa pula diketahui nilai ketidakpastian pengukuran. Berdasarkan teori pada bab 2 mengenai teori ketidakpatian dari persamaan 2.1 hingga 2.14, maka di dapatkan nilai standar deviasi = 0,24, nilai  $U_{a1}$  = 0,08, nilai  $U_{a2}$  = 0,023, dengan nilai  $b$  = -0,0039,  $a$  = -0,79, SSR = 0,372, nilai  $U_{b1}$  = 0,0029, nilai  $U_{b2}$  = 0, nilai  $U_c$  = 0,24, nilai  $V_{eff}$  = 9,94, dan hasil akhir kalibrasi adalah ketidakpastian diperluas sehingga alat ukur tersebut dapat diketahui ketidakpastiannya melalui nilai  $U_{exp}$  = 0,68 dengan tingkat kepercayaan 95% dari tabel *T-Student*. Nilai ketidakpastian tersebut akan menjadi acuan untuk pembacaan alat ukur selama alat ukut tersebut digunakan.

#### 4.2.1 Data Karakteristik Statik Sensor

Karakteristik statik merupakan sifat dari sebuah alat ukur yang tidak bergantung terhadap waktu. Berikut merupakan data perhitungan. Untuk mengetahui nilai karakteristik suatu alat.

**Tabel 4.5** Hasil Data Sensor Naik dan Turun

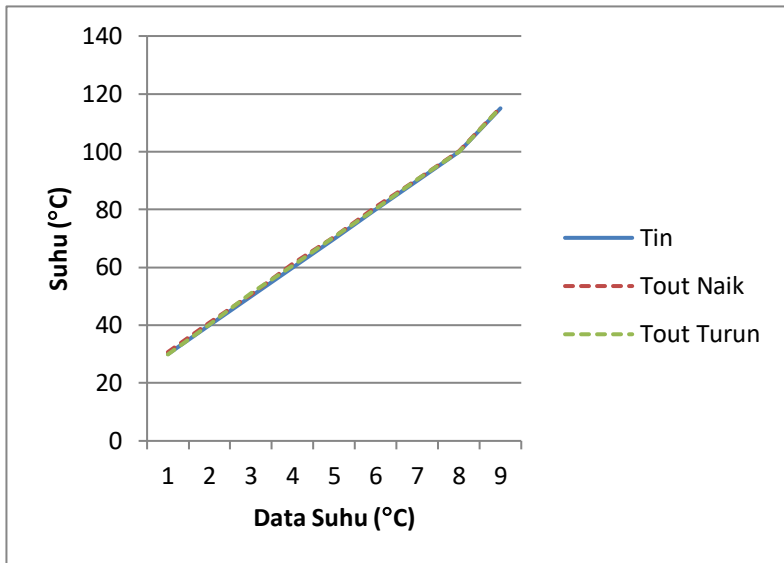
No	Tin / Yn (°C)	Tout (°C)		Rata2 Tout / Xn (°C)	H (I) (°C)	$\frac{Yn - Xn}{Yn}$ (°C)
		Naik	Turun			
1	30	30,7	29,9	30,3	-0,8	- 0,01
2	40	41	40,3	40,65	-0,7	-0,01
3	50	50,6	51	50,8	0,4	-0,01
4	60	61,2	60,6	60,9	-0,6	-0,01
5	70	70,5	70,5	70,5	0	-0,007
6	80	80,9	80,4	80,65	-0,5	-0,008
7	90	90,4	90,4	90,4	0	-0,004
8	100	100,3	100,1	100,2	-0,2	-0,002
9	115	115,3	115,3	115,3	0	-0,002
Jml	635	640,9	638,5	639,7	-2,4	-0,08
Rata2	70,5	71,2	70,94	71,07	-0,26	-0,009

Dari data yang terdapat dalam tabel maka dapat diketahui nilai karakteristik alat sebagai berikut:

- a. *Range* : 30 – 115 °C
- b. *Span* : 85 °C
- c. *Resolusi* : 0,01
- d. *Sensitivitas (K)* : 1
- e. *Histerisis* : 0,47%
- f. *Akurasi* : 92%
- g. *Error* : 8%

Nilai perhitungan sensitivitas, histerisis, akurasi dan *error* di dapatkan dari rumus yang terdapat pada persamaan 2.15, 2.16, 2.17, 2.18 yang berada pada bab 2 dan di dapatkan hasilnya seperti nilai diatas.

Berikut gambar grafik histerisis dari data pengukuran naik dan turun tersebut:



**Gambar 4.6** Grafik Histerisis

Pada gambar 4.6 grafik diatas menunjukkan bahwa garis biru merupakan standart pembacaan yaitu kalibrator *Thermopalm*, garis merah menandakan TOut Naik, sedangkan garis hijau menandakan TOut Turun. Histerisis tertinggi terletak pada saat temperatur di data suhu 1 dan 2 , hal ini dikarenakan adanya koreksi yang terdapat pada sensor, sehingga alat ukur memang tidak bisa langsung presisi ketika dinaikkan, menunjukan nilai yang hasil sempurna atau *minimum error*, sedangkan jika langsung diturunkan akan ada hasil *error* mencapai 0,47%.

### 4.3 Pengujian Sistem Pengendalian Temperatur

Berikut merupakan hasil pengujian sistem pengendalian Temperatur, dengan pengambilan sample uji dilakukan setiap 20 detik yang akan di tampilkan di LCD 20x4

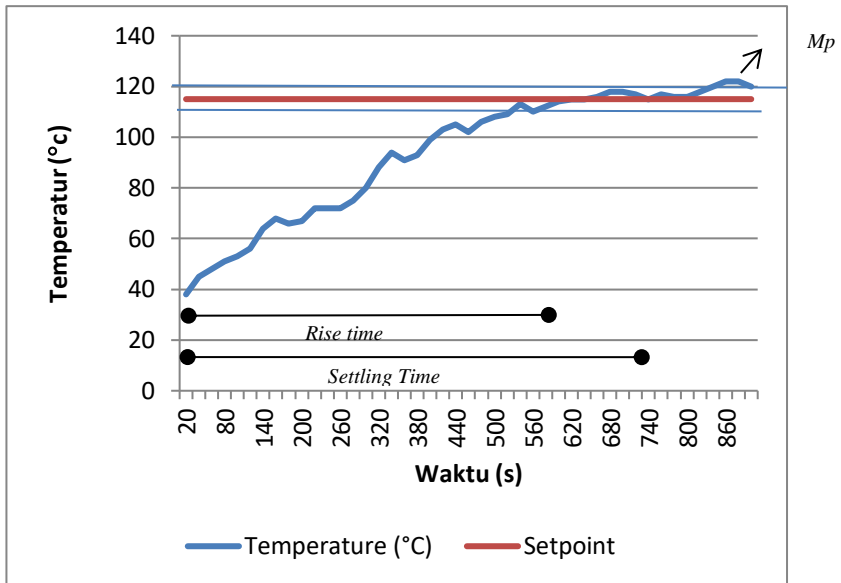
**Tabel 4.6** Pengukuran Mencapai *Setpoint*

No	Setpoint (°C)	Temperatur (°C)	Waktu (s)	Bukaan Valve (%)
1	115	38	20	40
2	115	45	40	40
3	115	48	60	40
4	115	51	80	40
5	115	53	100	40
6	115	56	120	40
7	115	64	140	80
8	115	68	160	80
9	115	66	180	80
10	115	67	200	80
11	115	72	220	80
12	115	72	240	80
13	115	72	260	80
14	115	75	280	80
15	115	80	300	80
16	115	88	320	100
17	115	94	340	100
18	115	91	360	100
19	115	93	380	100
20	115	99	400	100
21	115	103	420	100
22	115	105	440	100
23	115	102	460	100
24	115	106	480	100
25	115	108	500	100
26	115	109	520	100
27	115	113	540	100

**Tabel 4.6** Lanjutan

No	Setpoint (°C)	Temperatur (°C)	Waktu (s)	Bukaan Valve (%)
28	115	110	560	100
29	115	112	580	100
30	115	114	600	100
31	115	115	620	100
32	115	115	640	100
33	115	116	660	100
34	115	118	680	100
35	115	118	700	100
36	115	117	720	100
37	115	115	740	100
38	115	117	760	100
39	115	116	780	100
40	115	116	800	100
41	115	118	820	100
42	115	120	840	100
43	115	122	860	100
44	115	122	880	100
45	115	120	900	100
41	115	118	820	100

Berdasarkan tabel 4.6 Pengukuran mencapai *setpoint*, di butuhkan waktu 740 detik untuk melihat keadaan temperatur agar *steady state* dengan melihat pembacaan sensor termokopel tipe k yang diambil dari tampilan LCD 20x4, setiap kenaikan 20 detik. Dengan waktu di mulai dari 20 detik hingga 900 detik ketika temperatur pada suhu 38°C hingga mencapai *setpoint* dengan menggunakan 3 bukaan *valve* yaitu 40%, 80%, 100%. Dengan menggunakan data tersebut dapat diketahui grafik pengujian respon keluaran plant dari *uji step* dari sistem antara lain *rise time*, *maximum overshoot*, *settling time*, dan *error steady state*. Dari pengambilan data tersebut kemudian diperoleh grafik pengujian respon keluaran plant *dari uji step* sebagai berikut :



**Gambar 4.7** Grafik Respon Keluaran Plant dari Uji Step

Dari gambar 4.7 tampak bahwa didapatkan nilai index performansi *Rise time* selama 600 s atau 10 menit, *Maximum Overshoot* saat suhu 122°C, saat waktu 880 s, dengan dengan melalui perhitungan pada persamaan 2.19 maka di dapatkan nilai  $M_p$  6,09%. Nilai *Error Steady State* adalah 1,7% dan *settling time* adalah 740 s atau 12 menit 3 detik.

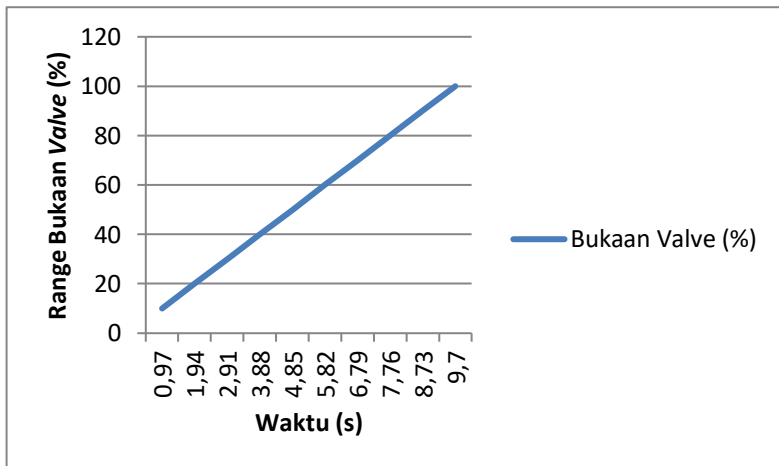
#### 4.4 Validasi Aktuator

Tabel 4.7 merupakan hasil validasi *motor operated valve*, antara bukaan *valve* MoV (%) dengan waktu (s). Validasi ini digunakan untuk mengetahui apakah bukaan *valve* pada MoV sudah sesuai dan dapat diketahui melalui *datasheet* pada MoV CWX-15N bahwa waktu *maximum* ialah 10 detik.

**Tabel 4.7** Validasi MoV

<b>Bukaan Valve (%)</b>	<b>Waktu (s)</b>
10	0,97
20	1,94
30	2,91
40	3,88
50	4,85
60	5,82
70	6,79
80	7,76
90	8,73
100	9,7

Dari tabel diatas diperoleh grafik perbandingan bukaan *valve* dengan waktu

**Gambar 4.8** Grafik Validasi Aktuator

#### 4.5 Respon Aktuator

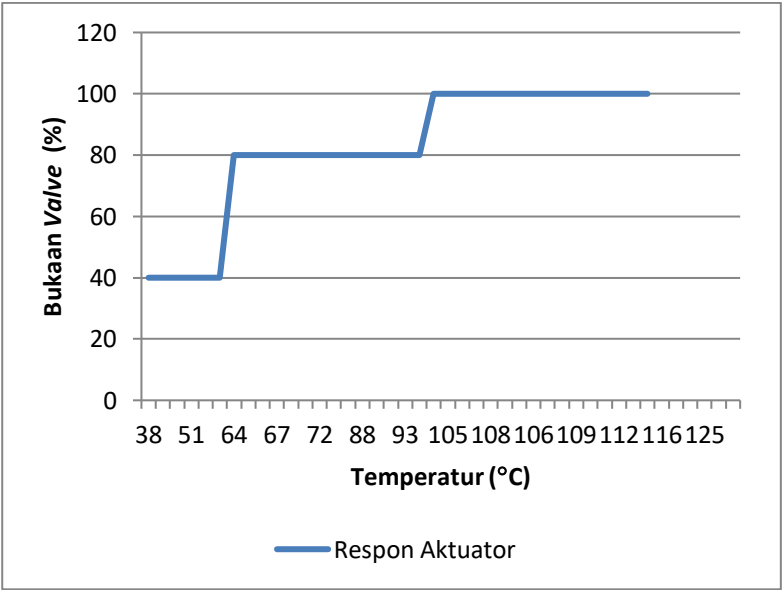
Berikut merupakan respon aktuator bukaan *valve* dengan temperatur yang berada pada *steam drum* :



**Tabel 4.8** Respon aktuator

Bukaan Valve(%)	Temperatur (°C)
40%	20 - 60°C
80%	61 – 80 °C
100%	81 - 115°C

Dari data di atas dapat di buat grafik yaitu sebagai berikut :



**Gambar 4.9** Grafik Respon Aktuator

Dari grafik respon aktuator dapat diketahui bukaan *valve* terhadap besarnya temperatur yang berada pada *steam drum boiler* adalah

- Ketika temperatur awal pada *steam drum* sebesar 20 °C - 60 °C, maka aktuator akan membuka bertahap yaitu sebesar 40%, sehingga gas yang diberikan LPG akan membesar sedikit.
- Ketika temperatur pada *steam drum* sebesar 61 °C - 100°C, maka aktuator akan membuka 80% sehingga gas yang diberikan LPG akan membesar.
- Ketika temperatur pada *steam drum* sebesar 81-115 °C, maka aktuator akan membuka 100% sehingga gas yang diberikan LPG akan semakin membesar.

#### 4.5 Pembahasan

Tugas akhir yang berjudul sistem pengendalian temperatur *boiler* pada *mini plant steam engine* ini bertujuan untuk mengetahui keadaan temperatur di dalam *steam drum boiler* melalui *display* pada LCD 20x4. Menggunakan sensor termokopel tipe K dan sebagai alat ukur temperatur dan MAX6675 sebagai rangkaian pengkondisian sinyal.

Sebelum sensor ini digunakan perlu dilakukan kalibrasi untuk mengetahui performansi dari sensor tersebut. Kalibrasi sensor termokopel ini menggunakan alat ukur standar yakni TP22 *ThermoPalm* yang sudah terkalibrasi. Dilakukan pada *range* 30°C hingga 115°C. Kedua alat tersebut dipanaskan dengan pemanas (*Heater*). Setelah dilakukan pengujian sensor yaitu dilakukan perhitungan kalibrasi.

Dari perhitungan kalibrasi didapatkan nilai ketidakpastian dari  $U_{a1}$  hingga  $U_{exp}$  yaitu dengan hasil  $U_{a1} = 0,08$ ,  $U_{a2} = 0,23$ ,  $U_{b1} = 0,0029$ ,  $U_{b2} = 0$ ,  $U_c = 0,24$ ,  $V_{eff} = 9,94$ , Sehingga berdasarkan perhitungan tersebut menghasilkan nilai  $U_{expand}$  sebesar  $\pm 0,68$  dengan tingkat kepercayaan 95% dari tabel *T-Student*. Karakteristik statik termokopel dengan *range* pengukuran 30°C hingga 115°C didapatkan nilai *Span* 85°C, Resolusi 0,01, Sensitivitas 1, Histerisis 0,47%, Akurasi 92%, Kesalahan (*error*) 8%. Hasil dari perhitungan ketidakpastian tersebut akan menjadi acuan dari sensor termokopel tipe K yang akan digunakan.

Dari pembacaan termokopel selanjutnya akan diproses oleh mikrokontroler yang nantinya akan memberikan sebuah sinyal kontrol terhadap aktuator yang berupa elemen pemanas listrik untuk memenuhi *setpoint*. Pada pengujian sistem pengendalian temperatur yang terdapat pada tabel 4.6 dan grafik 4.7 di dapatkan nilai hasil respon uji sistem pengendalian temperatur dengan *setpoint* 115 °C di dapatkan nilai index performansi *rise time* selama 600 detik atau 10 menit, nilai *maximum overshoot* sebesar 6,09% dengan waktu selama 880 detik, saat suhu 122°C, Nilai *error steady state* ialah 1,7% dan untuk *settling time* waktu yang di butuhkan untuk mencapai *steady state* adalah 12 menit 3 detik. Dari nilai-nilai diatas dapat disimpulkan bahwa Sistem Pengendalian Temperatur dengan mode pengendalian *fuzzy* atau *if condition* ini sesuai untk diterapkan karena sudah mencapai *steady state* di *setpoint*, namun masih terdapat Mp yang cukup besar.

Aktuator bekerja berdasarkan besarnya temperatur pada *steam drum*, dari data yang didapatkan aktuator membuka *valve* secara linier, dari bukaan *valve* 40% saat suhu 20-60°C, bukaan *valve* 80% saat suhu 61-80°C, dan bukaan yang terakhir 100% saat suhu 81-115°C. dan akan menutup apabila suhu telah mencapai *setpoint*, aktuator ini bekerja untuk mengatur suplai bahan bakar Gas LPG agar temperatur pada *steam drum boiler* bisa dikontrol dengan nilai temperatur 115 °C .

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil dari rancang bangun sistem pengendalian temperatur *boiler* pada *mini plant steam engine*, maka dapat di ambil kesimpulan bahwa dari grafik respon temperatur untuk mencapai *setpoint* 115 °C didapatkan nilai *rise time* sebesar 600 detik, *maximum overshoot* 6,09%, *error steady state* 1,7%, *settling time* waktu yang dibutuhkan untuk mencapai *steady state* 740 detik atau 12,3 menit.

#### **5.2 Saran**

Adapun saran dari pembuatan tugas akhir ini adalah :

- a. Seharusnya pada setiap sambungan atau *elbow* lebih dirapatkan agar tidak terjadi kebocoran, dan memastikan plant sudah tidak ada yang bocor untuk menghindari *loss*.
- b. Sebelum melakukan *running* plant supaya di check terlebih dahulu semua komponen, sambungan agar tidak terjadi *error*.

*Halaman ini sengaja di kosongkan*

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Aditama, F., & Rohmawanto, S. (2014). Variasi Jumlah Lubang Burner Terhadap Efisiensi Kompor Gas Bahan Bakar LPG Satu Tungku dengan Sistem Pemantik Mekanik ( Variations Number Of Holes Burner Against Efficiency Of One-Burner LPG Stove With Mechanical Ignition System ), 63–66.
- Amien, T. H. (2017). Rancang Bangun Sistem Pengendalian Level Steam Drum Boiler Pada Mini Power Plant Di Workshop Instrumentasi.
- Anonymous. (n.d.-a). Ketel Uap, 5–25.
- Anonymous. (n.d.-b). Sistem Kontrol.
- Anonymous. (2008). Datasheet ATmega32, 7–60.
- Dickson Kho. (n.d.). Pengertian Termokopel (Thermocouple) dan Prinsip Kerjanya. Retrieved March 16, 2018, from <https://teknikelektronika.com/pengertian-termokopel-thermocouple-dan-prinsip-kerjanya/>
- Dr. Ir. Totok Soehartanto, D., Dr. Ir. Ali Musyafa, M. S., Hendra Cordova, S. M., & Arief Abdurrakhman, ST, M. (2016). Modul SPK 2016.
- Indra Permadi, Sumardi, S.T, M.T, Iwan Setiawan, S.T, M. . (1821). Pengendalian Temperature Pada Plant Electric Furnace Menggunakan Sensor Thermocouple Dengan Metode Fuzzy, 1–7.
- Jauhari, T. (2017). Rancang Bangun Sistem Pengendalian Temperature Steam Output Boiler Pada Burner Berbahan Bakar Gas LPG.
- Kencana, B. Y., & Widiharto, A. (2012). Perancangan Sistem Pengendalian Level dan Temperatur Boiler pada Boiler

Drum and Heat Exchanger QAD Model BDT921, *I*(1), 7154.

LCD (Liquid Cristal Display). (n.d.). Retrieved March 29, 2018, from <http://elektronika-dasar.web.id/lcd-liquid-cristal-display/>

Madhawirawan. (2012). Mikrokontroler ATmega32, 5–14.

Mesin uap - Wikipedia bahasa Indonesia, ensiklopedia bebas. (n.d.). Retrieved March 26, 2018, from [https://id.wikipedia.org/wiki/Mesin\\_uap](https://id.wikipedia.org/wiki/Mesin_uap)

Muin, S. A. (2010). Pesawat-Pesawat Konversi Energi. *System*, 3–4.

Pranata, H. I. (2013). Evaluasi Performa Boiler Type DG1025/18.2-II 13 Unit 10 PLTU 1 Jawa Tengah Rembang Pada Kondisi 300 MW Dengan Metode Langsung, 1–164.

Roekmono, I. (n.d.). Rancang Bangun Sistem pengendalian Level Unit Storage Tank A pada Simulator Mixing Process.

Sari, E. A. (2016). Analisis Sistem Inferensi Fuzzy Metode Sugeno Orde Nol Untuk Data Skala Ordinal.

## LAMPIRAN A (DATA PENGUJIAN ALAT DAN KALIBRASI)

**Tabel A.1.** Data Pengujian Sensor Temperatur

No	Pembacaan Standart (X)	Pembacaan Alat		Rata2 Pembacaan Alat	Koreksi (Y)	X <sup>2</sup>	(Y - Y') <sup>2</sup>	X * Y	Yreg	SSR
		Rata2 Naik	Rata2 Turun							
1	30	30,7	29,9	30,3	-0,3	900	0,049	-9	-0,68	0,14
2	40	41	40,3	40,65	-0,65	1600	0,016	-26	-0,64	0,000068
3	50	50,6	51	50,8	-0,8	2500	0,077	-40	-0,60	0,038
4	60	61,2	60,6	60,9	-0,9	3600	0,142	-54	-0,56	0,11
5	70	70,5	70,5	70,5	-0,5	4900	0,0004	-35	-0,52	0,00059
6	80	80,9	80,4	80,65	-0,65	6400	0,016	-52	-0,48	0,0271
7	90	90,4	90,4	90,4	-0,4	8100	0,014	-36	-0,44	0,0021
8	100	100,3	100,1	100,2	-0,2	10000	0,103	-20	-0,40	0,042
9	115	115,3	115,3	115,3	-0,3	13225	0,049	-34,5	-0,34	0,0023
Jml	635				-4,7	51225	0,470	-306,5	-4,7	0,372
Rata2	70,56				-0,52	5691,67	0,0522	-34,05	-0,52	0,041



## **LAMPIRAN B**

### **(Listing Program di Atmega menggunakan Software CV AVR)**

#### **1. Listing Program CV AVR**

```
Chip type           : ATmega32
Program type        : Application
AVR Core Clock frequency: 12.000000 MHz
Memory model        : Small
External RAM size    : 0
Data Stack size     : 512
*****
*****/

#include <mega32.h>

#include <delay.h>

// Alphanumeric LCD functions
#include <alcd.h>

// Declare your global variables here

#define DATA_REGISTER_EMPTY (1<<UDRE)
#define RX_COMPLETE (1<<RXC)
#define FRAMING_ERROR (1<<FE)
#define PARITY_ERROR (1<<UPE)
#define DATA_OVERRUN (1<<DOR)
char buffer [30];

// USART Receiver buffer
#define RX_BUFFER_SIZE 8
char rx_buffer[RX_BUFFER_SIZE];
```

```

#if RX_BUFFER_SIZE <= 256
unsigned char rx_wr_index=0,rx_rd_index=0;
#else
unsigned int rx_wr_index=0,rx_rd_index=0;
#endif

#if RX_BUFFER_SIZE < 256
unsigned char rx_counter=0;
#else
unsigned int rx_counter=0;
#endif

// This flag is set on USART Receiver buffer overflow
bit rx_buffer_overflow;

// USART Receiver interrupt service routine
interrupt [USART_RXC] void usart_rx_isr(void)
{
    char status,data;
    status=UCSRA;
    data=UDR;
    if ((status & (FRAMING_ERROR | PARITY_ERROR |
DATA_OVERRUN))==0)
    {
        rx_buffer[rx_wr_index++]=data;
    }
#if RX_BUFFER_SIZE == 256
    // special case for receiver buffer size=256
    if (++rx_counter == 0) rx_buffer_overflow=1;
#else
    if (rx_wr_index == RX_BUFFER_SIZE) rx_wr_index=0;
    if (++rx_counter == RX_BUFFER_SIZE)
    {
        rx_counter=0;
        rx_buffer_overflow=1;
    }

```

```

    }
#endif
}

#endif _DEBUG_TERMINAL_IO_
// Get a character from the USART Receiver buffer
#define _ALTERNATE_GETCHAR_
#pragma used+
char getchar(void)
{
    char data;
    while (rx_counter==0);
    data=rx_buffer[rx_rd_index++];
    #if RX_BUFFER_SIZE != 256
    if (rx_rd_index == RX_BUFFER_SIZE) rx_rd_index=0;
    #endif
    #asm("cli")
    --rx_counter;
    #asm("sei")
    return data;
}
#pragma used-
#endif

// Standard Input/Output functions
#include <stdio.h>

// Voltage Reference: AREF pin
#define ADC_VREF_TYPE ((0<<REFS1) | (0<<REFS0) |
(0<<ADLAR))

// Read the AD conversion result
unsigned int read_adc(unsigned char adc_input)
{

```

```

ADMUX=adc_input | ADC_VREF_TYPE;
// Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage
delay_us(10);
// Start the AD conversion
ADCSRA|=(1<<ADSC);
// Wait for the AD conversion to complete
while ((ADCSRA & (1<<ADIF))==0);
ADCSRA|=(1<<ADIF);
return ADCW;
}

```

```

// SPI functions
#include <spi.h>
#define SPI_enable          PORTB.4

#define buzzer              PORTD.3
#define mov_pressure_close  PORTD.6
#define mov_pressure_open   PORTD.4
#define mov_gas_close       PORTD.5
#define mov_gas_open        PORTD.7
#define mov_air_close       PORTC.3
#define mov_air_open        PORTD.2

```

```

#define s_water_inlet       PORTB.2
#define s_gas               PORTB.1
#define s_water_outlet      PORTB.3

#define read_adcFs_down     read_adc(5)
#define read_adcFs_up       read_adc(6)
#define read_adcFs_danger   read_adc(7)

#define read_adcPressure    read_adc(0)
#define delay_perc          1000

```

```
#define on      1
#define off     0
```

```
void mov_pressure(int condition_pressure);
void mov_gas(int condition_gas);
void mov_water(int condition_water);
void read_temperature();
void read_pressure();
void read_level();
```

```
int mov1_deg = 0, mov2_deg = 0, mov3_deg = 0;
int n = 0, level_up, level_down, level_danger;
int satuan, koma;
float read_volt, read_real, read_psi, pressure_bar, filter_data;
unsigned int pressure;
unsigned char display[21];
unsigned result, suhu;
unsigned char level;
```

```
void main(void)
{
    // Declare your local variables here
```

```
    // Port A initialization
```

```
    DDRA=(0<<DDA7) | (0<<DDA6) | (0<<DDA5) |
    (0<<DDA4) | (0<<DDA3) | (0<<DDA2) | (0<<DDA1) |
    (0<<DDA0);
    PORTA=(0<<PORTA7) | (0<<PORTA6) | (0<<PORTA5) |
    (0<<PORTA4) | (0<<PORTA3) | (0<<PORTA2) |
    (0<<PORTA1) | (0<<PORTA0);
```

```
    // Port B initialization
```

```
DDRB=(1<<DDB7) | (0<<DDB6) | (1<<DDB5) |  
(1<<DDB4) | (1<<DDB3) | (1<<DDB2) | (1<<DDB1) |  
(1<<DDB0);  
PORTB=(0<<PORTB7) | (0<<PORTB6) | (0<<PORTB5) |  
(0<<PORTB4) | (1<<PORTB3) | (1<<PORTB2) |  
(1<<PORTB1) | (1<<PORTB0);
```

```
// Port C initialization
```

```
DDRC=(0<<DDC7) | (0<<DDC6) | (0<<DDC5) |  
(0<<DDC4) | (1<<DDC3) | (0<<DDC2) | (0<<DDC1) |  
(0<<DDC0);  
PORTC=(0<<PORTC7) | (0<<PORTC6) | (0<<PORTC5) |  
(0<<PORTC4) | (1<<PORTC3) | (0<<PORTC2) |  
(0<<PORTC1) | (0<<PORTC0);
```

```
// Port D initialization
```

```
DDRD=(1<<DDD7) | (1<<DDD6) | (1<<DDD5) |  
(1<<DDD4) | (1<<DDD3) | (1<<DDD2) | (1<<DDD1) |  
(0<<DDD0);  
PORTD=(1<<PORTD7) | (1<<PORTD6) | (1<<PORTD5) |  
(1<<PORTD4) | (0<<PORTD3) | (1<<PORTD2) |  
(0<<PORTD1) | (0<<PORTD0);
```

```
// Timer/Counter 0 initialization
```

```
// Clock source: System Clock
```

```
// Clock value: Timer 0 Stopped
```

```
// Mode: Normal top=0xFF
```

```
// OC0 output: Disconnected
```

```
TCCR0=(0<<WGM00) | (0<<COM01) | (0<<COM00) |  
(0<<WGM01) | (0<<CS02) | (0<<CS01) | (0<<CS00);
```

```
TCNT0=0x00;
```

```
OCR0=0x00;
```

```
// Timer/Counter 1 initialization
```

```
// Clock source: System Clock
```

```

// Clock value: Timer1 Stopped
// Mode: Normal top=0xFFFF
// OC1A output: Disconnected
// OC1B output: Disconnected
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer1 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
TCCR1A=(0<<COM1A1) | (0<<COM1A0) |
(0<<COM1B1) | (0<<COM1B0) | (0<<WGM11) |
(0<<WGM10);
TCCR1B=(0<<ICNC1) | (0<<ICES1) | (0<<WGM13) |
(0<<WGM12) | (0<<CS12) | (0<<CS11) | (0<<CS10);
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;

// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer2 Stopped
// Mode: Normal top=0xFF
// OC2 output: Disconnected
ASSR=0<<AS2;
TCCR2=(0<<PWM2) | (0<<COM21) | (0<<COM20) |
(0<<CTC2) | (0<<CS22) | (0<<CS21) | (0<<CS20);
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;

```

```
// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=(0<<OCIE2) | (0<<TOIE2) | (0<<TICIE1) |
(0<<OCIE1A) | (0<<OCIE1B) | (0<<TOIE1) | (0<<OCIE0) |
(0<<TOIE0);
```

```
// External Interrupt(s) initialization
// INT0: Off
// INT1: Off
// INT2: Off
MCUCR=(0<<ISC11) | (0<<ISC10) | (0<<ISC01) |
(0<<ISC00);
MCUCSR=(0<<ISC2);
```

```
// USART initialization
// Communication Parameters: 8 Data, 1 Stop, No Parity
// USART Receiver: On
// USART Transmitter: On
// USART Mode: Asynchronous
// USART Baud Rate: 9600
UCSRA=0x00;
UCSRB=0x08;
UCSRC=0x86;
UBRRH=0x00;
UBRRL=0x4D;
```

```
// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// The Analog Comparator's positive input is
// connected to the AIN0 pin
// The Analog Comparator's negative input is
// connected to the AIN1 pin
ACSR=(1<<ACD) | (0<<ACBG) | (0<<ACO) | (0<<ACI) |
(0<<ACIE) | (0<<ACIC) | (0<<ACIS1) | (0<<ACIS0);
```

```
// ADC initialization
```



```

// ADC Clock frequency: 750.000 kHz
// ADC Voltage Reference: AREF pin
// ADC Auto Trigger Source: ADC Stopped
ADMUX=ADC_VREF_TYPE;
ADCSRA=(1<<ADEN) | (0<<ADSC) | (0<<ADATE) |
(0<<ADIF) | (0<<ADIE) | (1<<ADPS2) | (0<<ADPS1) |
(0<<ADPS0);
SFIOR=(0<<ADTS2) | (0<<ADTS1) | (0<<ADTS0);

// SPI initialization
// SPI Type: Master
// SPI Clock Rate: 3000.000 kHz
// SPI Clock Phase: Cycle Start
// SPI Clock Polarity: Low
// SPI Data Order: MSB First
SPCR=(0<<SPIE) | (1<<SPE) | (0<<DORD) | (1<<MSTR) |
(0<<CPOL) | (0<<CPHA) | (0<<SPR1) | (0<<SPR0);
SPSR=(0<<SPI2X);

// TWI initialization
// TWI disabled
TWCR=(0<<TWEA) | (0<<TWSTA) | (0<<TWSTO) |
(0<<TWEN) | (0<<TWIE);

// Alphanumeric LCD initialization
// Connections are specified in the
// Project|Configure|C Compiler|Libraries|Alphanumeric
LCD menu:
// RS - PORTC Bit 0
// RD - PORTC Bit 1
// EN - PORTC Bit 2
// D4 - PORTC Bit 4
// D5 - PORTC Bit 5
// D6 - PORTC Bit 6
// D7 - PORTC Bit 7

```

```

// Characters/line: 20
lcd_init(20);

// Global enable interrupts
#asm("sei")

delay_ms(2000);
mov_gas_close = 0;
mov_air_close = 0;
mov_pressure_close = 0;
delay_ms(5000);
mov_gas_close = 1;
mov_air_close = 1;
mov_pressure_close = 1;

while (1)
{
    // Place your code here
    read_temperature();
    read_pressure();
    read_level();
    sprintf(buffer, "%s,%d,%c          \r\n",
pressure,suhu,level_up);
    printf("%d;%d;%c\r\n",pressure,suhu,level_up);
}
}

void read_level(){
    if(read_adcFs_down > 500)          level_down = 1;
else level_down = 0;
    if(read_adcFs_up > 500)            level_up = 1;
else level_up = 0;
    if(read_adcFs_danger > 500)        level_danger = 1;
else level_danger = 0;

```

```

    if(level_danger == 1 && level_up == 1 && level_down
== 1){
        level = 'D';
        delay_ms(500);
        s_water_inlet = 1;          //SOLENOID CLOSE
        delay_ms(500);
        s_water_outlet = 0;        //SOLENOID ON
        lcd_gotoxy(0,2);
        lcd_putsf("LEVEL = BAHAYA    ");
        buzzer = 1;
    }else if(mov2_deg > 20){
        if(suhu < 125){
            buzzer = 0;
        }
        level = 'A';
        s_water_inlet = 0;          //SOLENOID OPEN
        s_water_outlet = 1;        //SOLENOID CLOSE
        delay_ms(100);
    }

```

```

if(level_up == 1 && level_down == 1){
    lcd_gotoxy(0,2);
    lcd_putsf("LEVEL = TINGGI    ");
    if(mov2_deg > 0){
        mov_water(1);    //MOV CLOSE
        mov_water(3);
    }
    if(mov2_deg <= 0){
        mov_water(3);    //MOV NO OPERATION
        s_water_outlet = 0;
    }else{
        s_water_outlet = 1;
    }
}

```

```

    }else if(level_down == 0){
        lcd_gotoxy(0,2);
        lcd_putsf("LEVEL = RENDAH    ");
        if(mov2_deg < 100){
            mov_water(2);    //MOV OPEN
            mov_water(3);
        }
        if(mov2_deg >= 100){
            mov_water(3);    //MOV NO OPERATION
        }

    }else if(level_down == 1){
        lcd_gotoxy(0,2);
        lcd_putsf("LEVEL = SEDANG    ");
        s_water_outlet = 1;
        s_water_inlet = 0;
        if(mov2_deg > 50){
            mov_water(1);    //MOV CLOSE
            mov_water(3);
        }if(mov2_deg < 50){
            mov_water(2);    //MOV OPEN
            mov_water(3);
        }
        if(mov2_deg == 50){
            mov_water(3);    //MOV NO OPERATION
        }

    }

}

void read_temperature(){

    SPI_enable = 0;
    result = (unsigned)spi(0)<<8;

```

```

    result |= spi(0);
    SPI_enable = 1;
    result = (unsigned)((((unsigned
long)result*5000)/4096L);
    satuan = result/40;
    koma = result%40;
    suhu = satuan;
    sprintf(display,"SUHU = %d,%d C",satuan, koma);
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_puts(display);

    if(suhu > 125){ //DANGER
        s_gas = 1;
        delay_ms(100);
        buzzer = 1;
    }else if(suhu < 115){
        s_gas = 0;
        delay_ms(100);
        if(level != 'D'){
            buzzer = 0;
        }
    }

    if(suhu < 60){
        if(mov1_deg < 40){
            mov_gas(2); //MOV OPEN
            mov_gas(3);
        }
    }else if(suhu < 80){
        if(mov1_deg < 80){
            mov_gas(2); //MOV OPEN
            mov_gas(3);
        }
    }else if(suhu < 100){
        if(mov1_deg < 100){

```

```

        mov_gas(2);    //MOV OPEN
        mov_gas(3);
    }
} else if(suhu > 115){
    if(mov1_deg > 10){
        mov_gas(1);    //MOV CLOSE
        mov_gas(3);
    }
    if(mov1_deg <= 10){
        if(mov1_deg != 0){
            mov_gas(1);    //MOV CLOSE
            delay_ms(2000);
            mov_gas(3);
        } else{
            mov_gas(3);
        }
    }
} else if(suhu > 100 && suhu < 115){
    mov_gas(3);
}
}

```

```

void read_pressure(){
    filter_data = 0;
    n = 0;
    while(n<10){
        read_volt = read_adcPressure/1023.0 * 5.0;
        read_real = read_volt/10.0;    // konversi ke nilai
        tegangan real sebelum penguatan
        read_psi = read_real/0.008;    // 0.008 didapat dari
        perhitungan 1 psi = 8mV
        pressure_bar = read_psi*6.89475728;    // 6,89475728
        didapat dari konversi 1 psi = 6,89475728 kPa
        filter_data += pressure_bar;
        delay_ms(50); ++n;
    }
}

```

```

    }
    pressure = filter_data/10.0;
    sprintf(display,"PRESSURE:%3d kPa    ",pressure);
    lcd_gotoxy(0,1);    lcd_puts(display);

    if(pressure < 90){
        if(mov3_deg < 100)
        {
            mov_pressure(2);    //MOV OPEN
            mov_pressure(3);
        }
    }else if(pressure > 100){
        if(mov3_deg > 10){
            mov_pressure(1);    //MOV CLOSE
            mov_pressure(3);
        }
    }else if(pressure >= 90 && pressure <= 100){
        mov_pressure(3);
    }
}

void mov_gas(int condition_gas){
    if(condition_gas == 1){ //MOV CLOSE
        mov_gas_close = 0;
        mov_gas_open  = 1;
        mov1_deg -= 10;
        delay_ms(250);
    }
    if(condition_gas == 2){ //MOV OPEN
        mov_gas_close = 1;
        mov_gas_open  = 0;
        mov1_deg += 10;
        delay_ms(250);
    }
    if(condition_gas == 3){ //MOV no operation

```

```

        mov_gas_close = 1;
        mov_gas_open  = 1;
    }
    sprintf(display,"M1:%3d",mov1_deg);
    lcd_gotoxy(0,3);    lcd_puts(display);
}

```

```

void mov_water(int condition_water){
    if(condition_water == 1){ //MOV CLOSE
        mov_air_close = 0;
        mov_air_open  = 1;
        mov2_deg -= 10;
        delay_ms(250);
    }
    if(condition_water == 2){ //MOV OPEN
        mov_air_close = 1;
        mov_air_open  = 0;
        mov2_deg += 10;
        delay_ms(250);
    }
    if(condition_water == 3){ //MOV no operation
        mov_air_close = 1;
        mov_air_open  = 1;
    }
    sprintf(display,"M2:%3d",mov2_deg);
    lcd_gotoxy(7,3);    lcd_puts(display);
}

```

```

void mov_pressure(int condition_pressure){
    if(condition_pressure == 1){ //MOV CLOSE
        mov_pressure_close = 0;
        mov_pressure_open  = 1;
        mov3_deg -= 10;
        delay_ms(250);
    }
}

```



```

    }
    if(condition_pressure == 2){ //MOV OPEN
        mov_pressure_close = 1;
        mov_pressure_open  = 0;
        mov3_deg += 10;
        delay_ms(250);
    }
    if(condition_pressure == 3){ //MOV no operation
        mov_pressure_close = 1;
        mov_pressure_open  = 1;
    }
    sprintf(display,"M3:%3d",mov3_deg);
    lcd_gotoxy(14,3);    lcd_puts(display);
}

```

# LAMPIRAN C

## (Datasheet Sensor Termokopel)

### MAXIMUM TEMPERATURE RANGE

#### Thermocouple Grade

- 328 to 2282°F

- 500 to 1250°C

#### Extension Grade

32 to 392°F

0 to 200°C

#### LIMITS OF ERROR

(whichever is greater)

Standard: 2.2°C or 0.75% Above 0°C

2.2°C or 2.0% Below 0°C

Special: 1.1°C or 0.4%

#### COMMENTS, BARE WIRE ENVIRONMENT:

Clean Oxidizing and Inert; Limited Use in

Vacuum or Reducing; Wide Temperature

Range; Most Popular Calibration

TEMPERATURE IN DEGREES °C

REFERENCE JUNCTION AT 0°C



### Thermocouple Grade

Nickel-Chromium  
vs.  
Nickel-Aluminum



Extension Grade

## Revised Thermocouple Reference Tables

**TYPE K**  
Reference  
Tables  
N.I.S.T.  
Monograph 175  
Revised to  
ITS-90

Z

Thermoelectric Voltage in Millivolts																
°C	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	°C	0	1	2	3
-260	-6.458	-6.457	-6.456	-6.455	-6.453	-6.452	-6.450	-6.448	-6.446	-6.444	-6.441	250	10.153	10.194	10.235	10.276
-250	-6.441	-6.438	-6.435	-6.432	-6.429	-6.425	-6.421	-6.417	-6.413	-6.408	-6.404	260	10.361	10.402	10.443	10.484
-240	-6.404	-6.399	-6.393	-6.386	-6.382	-6.377	-6.370	-6.364	-6.358	-6.351	-6.344	270	10.671	10.712	10.753	10.794
-230	-6.344	-6.337	-6.329	-6.322	-6.314	-6.306	-6.297	-6.288	-6.280	-6.271	-6.262	280	10.971	11.012	11.053	11.094
-220	-6.262	-6.252	-6.243	-6.233	-6.223	-6.213	-6.202	-6.192	-6.181	-6.170	-6.158	290	11.262	11.302	11.343	11.384
-210	-6.158	-6.147	-6.135	-6.123	-6.111	-6.099	-6.087	-6.074	-6.061	-6.048	-6.035	300	11.547	11.587	11.628	11.669
-200	-6.035	-6.021	-6.007	-5.994	-5.980	-5.965	-5.951	-5.936	-5.922	-5.907	-5.891	310	11.828	11.868	11.909	11.950
-190	-5.891	-5.876	-5.861	-5.845	-5.829	-5.813	-5.797	-5.780	-5.763	-5.747	-5.730	320	12.109	12.149	12.190	12.231
-180	-5.730	-5.713	-5.695	-5.678	-5.660	-5.642	-5.624	-5.606	-5.588	-5.569	-5.550	330	12.389	12.429	12.470	12.511
-170	-5.550	-5.531	-5.512	-5.493	-5.474	-5.454	-5.435	-5.415	-5.395	-5.374	-5.354	340	12.669	12.709	12.750	12.791
-160	-5.354	-5.333	-5.312	-5.291	-5.269	-5.247	-5.225	-5.203	-5.181	-5.158	-5.134	350	12.949	12.989	13.030	13.071
-150	-5.141	-5.119	-5.097	-5.074	-5.052	-5.029	-5.006	-4.983	-4.960	-4.936	-4.913	360	13.229	13.269	13.310	13.351
-140	-4.913	-4.889	-4.865	-4.841	-4.817	-4.792	-4.768	-4.744	-4.719	-4.694	-4.669	370	13.509	13.549	13.590	13.631
-130	-4.669	-4.644	-4.618	-4.593	-4.567	-4.542	-4.516	-4.490	-4.463	-4.437	-4.411	380	13.789	13.829	13.870	13.911
-120	-4.411	-4.384	-4.357	-4.330	-4.303	-4.276	-4.249	-4.221	-4.194	-4.166	-4.138	390	14.069	14.109	14.150	14.191
-110	-4.138	-4.110	-4.082	-4.054	-4.026	-3.997	-3.968	-3.939	-3.911	-3.882	-3.853	400	14.349	14.389	14.430	14.471
-100	-3.852	-3.823	-3.794	-3.764	-3.734	-3.705	-3.675	-3.645	-3.614	-3.584	-3.554	410	14.629	14.669	14.710	14.751
-90	-3.554	-3.523	-3.492	-3.462	-3.431	-3.400	-3.369	-3.337	-3.306	-3.274	-3.243	420	14.909	14.949	14.990	15.031
-80	-3.243	-3.211	-3.179	-3.147	-3.115	-3.083	-3.050	-3.018	-2.986	-2.953	-2.920	430	15.189	15.229	15.270	15.311
-70	-2.920	-2.887	-2.854	-2.821	-2.788	-2.755	-2.721	-2.688	-2.654	-2.620	-2.587	440	15.469	15.509	15.550	15.591
-60	-2.587	-2.553	-2.519	-2.485	-2.450	-2.416	-2.382	-2.347	-2.312	-2.277	-2.243	450	15.749	15.789	15.830	15.871
-50	-2.243	-2.208	-2.173	-2.138	-2.103	-2.067	-2.032	-1.996	-1.961	-1.925	-1.889	460	16.029	16.069	16.110	16.151
-40	-1.889	-1.854	-1.818	-1.782	-1.745	-1.707	-1.667	-1.630	-1.593	-1.556	-1.520	470	16.309	16.349	16.390	16.431
-30	-1.527	-1.490	-1.453	-1.417	-1.380	-1.343	-1.305	-1.268	-1.231	-1.194	-1.156	480	16.589	16.629	16.670	16.711
-20	-1.156	-1.119	-1.081	-1.043	-1.006	-0.968	-0.930	-0.892	-0.854	-0.816	-0.778	490	16.869	16.909	16.950	16.991
-10	-0.778	-0.739	-0.701	-0.663	-0.624	-0.586	-0.547	-0.508	-0.470	-0.431	-0.392	500	17.149	17.189	17.230	17.271
0	-0.392	-0.353	-0.314	-0.275	-0.236	-0.197	-0.157	-0.118	-0.079	-0.039	0.000	510	17.429	17.469	17.510	17.551
10	0.000	0.039	0.079	0.119	0.158	0.196	0.236	0.277	0.317	0.357	0.397	520	17.709	17.749	17.790	17.831
20	0.397	0.437	0.477	0.517	0.557	0.597	0.637	0.677	0.718	0.758	0.798	530	17.989	18.029	18.070	18.111
30	0.798	0.838	0.879	0.919	0.960	1.001	1.041	1.081	1.121	1.161	1.202	540	18.269	18.309	18.350	18.391
40	1.202	1.244	1.285	1.326	1.366	1.407	1.448	1.489	1.529	1.571	1.612	550	18.549	18.589	18.630	18.671
50	1.612	1.653	1.694	1.735	1.776	1.817	1.858	1.899	1.941	1.982	2.023	560	18.829	18.869	18.910	18.951
60	2.023	2.064	2.106	2.147	2.188	2.229	2.271	2.312	2.354	2.395	2.436	570	19.109	19.149	19.190	19.231
70	2.436	2.478	2.519	2.561	2.602	2.644	2.686	2.727	2.768	2.810	2.851	580	19.389	19.429	19.470	19.511
80	2.851	2.893	2.934	2.976	3.017	3.059	3.101	3.142	3.184	3.225	3.267	590	19.669	19.709	19.750	19.791
90	3.267	3.309	3.350	3.391	3.433	3.474	3.516	3.557	3.599	3.640	3.682	600	19.949	19.989	20.030	20.071
100	3.682	3.723	3.765	3.806	3.848	3.889	3.931	3.972	4.013	4.055	4.096	610	20.229	20.269	20.310	20.351
110	4.096	4.138	4.179	4.220	4.262	4.303	4.344	4.385	4.427	4.468	4.509	620	20.509	20.549	20.590	20.631
120	4.509	4.550	4.591	4.632	4.674	4.715	4.756	4.797	4.838	4.879	4.920	630	20.789	20.829	20.870	20.911
130	4.920	4.961	5.002	5.043	5.084	5.125	5.166	5.206	5.247	5.288	5.329	640	21.069	21.109	21.150	21.191
140	5.329	5.369	5.410	5.450	5.491	5.532	5.572	5.613	5.654	5.694	5.735	650	21.349	21.389	21.430	21.471
150	5.735	5.775	5.815	5.856	5.896	5.937	5.977	6.017	6.058	6.098	6.139	660	21.629	21.669	21.710	21.751
160	6.139	6.179	6.219	6.259	6.299	6.339	6.380	6.420	6.460	6.500	6.540	670	21.909	21.949	21.990	22.031
170	6.540	6.580	6.620	6.660	6.701	6.741	6.781	6.821	6.861	6.901	6.941	680	22.189	22.229	22.270	22.311
180	6.941	6.981	7.021	7.060	7.100	7.140	7.180	7.220	7.260	7.300	7.340	690	22.469	22.509	22.550	22.591
190	7.340	7.380	7.420	7.460	7.500	7.540	7.579	7.619	7.659	7.699	7.739	700	22.749	22.789	22.830	22.871
200	7.739	7.779	7.819	7.859	7.899	7.939	7.979	8.019	8.059	8.099	8.139	710	23.029	23.069	23.110	23.151
210	8.139	8.179	8.219	8.259	8.299	8.339	8.379	8.419	8.459	8.499	8.539	720	23.309	23.349	23.390	23.431
220	8.539	8.579	8.619	8.659	8.699	8.739	8.779	8.819	8.859	8.899	8.940	730	23.589	23.629	23.670	23.711
230	8.940	8.980	9.020	9.061	9.101	9.141	9.181	9.222	9.262	9.302	9.343	740	23.869	23.909	23.950	23.991
240	9.343	9.383	9.424	9.464	9.504	9.545	9.585	9.626	9.666	9.707	9.747	750	24.149	24.189	24.230	24.271
250	9.747	9.788	9.828	9.869	9.909	9.950	9.991	10.031	10.072	10.113	10.153	760	24.429	24.469	24.510	24.551
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C	0	1	2	3

# Revised Thermocouple Reference Tables

**TYPE K**  
Reference  
Tables  
N.I.S.T.  
Monograph 175  
Revised to  
ITS-90



Nickel-Chromium  
vs.  
Nickel-Aluminum

Extension  
Grade



**MAXIMUM TEMPERATURE RANGE**  
Thermocouple Grade  
- 328 to 2282°F

- 200 to 1250°C

Extension Grade  
32 to 355°F

0 to 200°C

**LIMITS OF ERROR**  
(whichever is greater)

Standard: 2.2°C or 0.75% Above 0°C

2.2°C or 2.0% Below 0°C

Special: 1.1°C or 0.4%

**COMMENTS, BARE WIRE ENVIRONMENT:**  
Clean Oxidizing and Inert, Limited Use in  
Vacuum or Reducing; Wide Temperature  
Range; Most Popular Calibration

**TEMPERATURE IN DEGREES °C**  
**REFERENCE JUNCTION AT 0°C**

Thermoelectric Voltage in Millivolts										
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
800	33.275	33.316	33.357	33.398	33.439	33.480	33.521	33.562	33.603	33.644
810	33.685	33.726	33.767	33.808	33.849	33.890	33.931	33.971	34.012	34.053
820	34.093	34.134	34.175	34.216	34.257	34.297	34.338	34.379	34.420	34.460
830	34.501	34.542	34.582	34.623	34.664	34.704	34.745	34.786	34.826	34.867
840	34.908	34.948	34.989	35.029	35.070	35.110	35.151	35.192	35.232	35.273
850	35.313	35.354	35.394	35.435	35.475	35.516	35.556	35.596	35.637	35.678
860	35.718	35.758	35.798	35.839	35.879	35.920	35.960	36.001	36.041	36.081
870	36.121	36.162	36.202	36.242	36.282	36.323	36.363	36.403	36.444	36.484
880	36.524	36.564	36.604	36.644	36.685	36.725	36.765	36.805	36.845	36.885
890	36.925	36.965	37.006	37.046	37.086	37.126	37.166	37.206	37.246	37.286
900	37.326	37.366	37.406	37.446	37.486	37.526	37.566	37.606	37.646	37.686
910	37.725	37.765	37.805	37.845	37.885	37.925	37.965	38.005	38.044	38.084
920	38.124	38.164	38.204	38.243	38.283	38.323	38.363	38.403	38.442	38.482
930	38.522	38.561	38.601	38.641	38.680	38.720	38.760	38.799	38.839	38.878
940	38.918	38.958	38.997	39.037	39.077	39.116	39.155	39.195	39.235	39.274
950	39.314	39.353	39.393	39.432	39.471	39.511	39.550	39.590	39.629	39.669
960	39.708	39.747	39.787	39.826	39.866	39.905	39.944	39.984	40.023	40.062
970	40.101	40.141	40.180	40.219	40.259	40.298	40.337	40.376	40.415	40.454
980	40.494	40.533	40.572	40.611	40.651	40.690	40.729	40.768	40.807	40.846
990	40.885	40.924	40.963	41.002	41.042	41.081	41.120	41.159	41.198	41.237
1000	41.276	41.315	41.354	41.393	41.431	41.470	41.509	41.548	41.587	41.625
1010	41.665	41.704	41.743	41.781	41.820	41.859	41.898	41.937	41.976	42.014
1020	42.053	42.092	42.131	42.169	42.208	42.247	42.286	42.324	42.363	42.402
1030	42.440	42.479	42.518	42.556	42.595	42.633	42.672	42.711	42.749	42.788
1040	42.826	42.865	42.903	42.942	42.980	43.019	43.057	43.096	43.134	43.173
1050	43.211	43.250	43.288	43.327	43.365	43.403	43.442	43.480	43.518	43.557
1060	43.595	43.633	43.672	43.710	43.748	43.787	43.825	43.863	43.901	43.940
1070	43.978	44.016	44.054	44.092	44.130	44.169	44.207	44.245	44.283	44.321
1080	44.359	44.397	44.435	44.473	44.511	44.550	44.588	44.626	44.664	44.702
1090	44.740	44.778	44.816	44.853	44.891	44.929	44.967	45.005	45.043	45.081
1100	45.119	45.157	45.194	45.232	45.270	45.308	45.346	45.383	45.421	45.459
1110	45.497	45.534	45.572	45.610	45.647	45.685	45.722	45.760	45.798	45.836
1120	45.873	45.911	45.948	45.986	46.024	46.061	46.099	46.136	46.174	46.211
1130	46.249	46.286	46.324	46.361	46.398	46.436	46.473	46.511	46.548	46.586
1140	46.623	46.660	46.697	46.735	46.772	46.809	46.847	46.884	46.921	46.958
1150	46.995	47.033	47.070	47.107	47.144	47.181	47.218	47.256	47.293	47.330
1160	47.367	47.404	47.441	47.478	47.515	47.552	47.589	47.626	47.663	47.700
1170	47.737	47.774	47.811	47.848	47.884	47.921	47.958	47.995	48.032	48.069
1180	48.105	48.142	48.179	48.216	48.252	48.289	48.326	48.363	48.399	48.436
1190	48.473	48.509	48.546	48.582	48.619	48.656	48.692	48.729	48.765	48.802
1200	48.838	48.875	48.911	48.948	48.984	49.021	49.057	49.093	49.130	49.166
1210	49.202	49.239	49.275	49.311	49.348	49.384	49.420	49.456	49.493	49.529
1220	49.565	49.601	49.637	49.674	49.710	49.746	49.782	49.818	49.854	49.890
1230	49.926	49.962	49.998	50.034	50.070	50.106	50.142	50.178	50.214	50.250
1240	50.286	50.322	50.358	50.393	50.429	50.465	50.501	50.537	50.572	50.608
1250	50.644	50.680	50.715	50.751	50.787	50.822	50.858	50.894	50.929	50.965
1260	51.001	51.036	51.071	51.107	51.142	51.178	51.213	51.249	51.284	51.320
1270	51.355	51.391	51.426	51.461	51.497	51.532	51.567	51.603	51.638	51.673
1280	51.708	51.744	51.779	51.814	51.849	51.885	51.920	51.955	51.990	52.025
1290	52.060	52.095	52.130	52.165	52.200	52.235	52.270	52.305	52.340	52.375
1300	52.410	52.445	52.480	52.515	52.550	52.585	52.620	52.654	52.689	52.724
1310	52.759	52.794	52.829	52.864	52.899	52.934	52.969	53.003	53.037	53.071
1320	53.106	53.140	53.175	53.210	53.244	53.279	53.313	53.348	53.382	53.417
1330	53.451	53.486	53.520	53.555	53.589	53.623	53.658	53.692	53.727	53.761
1340	53.795	53.830	53.864	53.898	53.932	53.967	54.001	54.035	54.069	54.104
1350	54.138	54.172	54.206	54.240	54.274	54.308	54.342	54.377	54.411	54.445
1360	54.479	54.513	54.547	54.581	54.615	54.649	54.683	54.717	54.751	54.785
1370	54.819	54.852	54.886							

# LAMPIRAN D

## (Datasheet MAX6675)

19-2235; Rev 1; 3/02

# MAXIM

## Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

### General Description

The MAX6675 performs cold-junction compensation and digitizes the signal from a type-K thermocouple. The data is output in a 12-bit resolution, SPI™-compatible, read-only format.

This converter resolves temperatures to 0.25°C, allows readings as high as +1024°C, and exhibits thermocouple accuracy of 8LSBs for temperatures ranging from 0°C to +700°C.

The MAX6675 is available in a small, 8-pin SO package.

### Features

- ◆ Direct Digital Conversion of Type-K Thermocouple Output
- ◆ Cold-Junction Compensation
- ◆ Simple SPI-Compatible Serial Interface
- ◆ 12-Bit, 0.25°C Resolution
- ◆ Open Thermocouple Detection

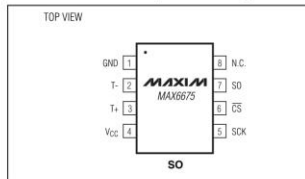
### Ordering Information

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX6675ISA	-20°C to +85°C	8 SO

### Applications

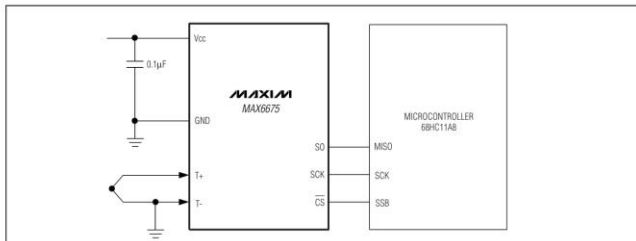
Industrial  
Appliances  
HVAC  
Automotive

### Pin Configuration



SPI is a trademark of Motorola, Inc.

### Typical Application Circuit



MAXIM

Maxim Integrated Products 1

For pricing, delivery, and ordering information, please contact Maxim/Dallas Direct! at 1-888-629-4642, or visit Maxim's website at [www.maxim-ic.com](http://www.maxim-ic.com).

MAX6675

## Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage (V <sub>CC</sub> to GND)	-0.3V to +6V	Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
SO, SCK, CS, T-, T+ to GND	-0.3V to V <sub>CC</sub> + 0.3V	Junction Temperature	+150°C
SO Current	50mA	SO Package	
ESD Protection (Human Body Model)	±2000V	Vapor Phase (60s)	+215°C
Continuous Power Dissipation (T <sub>A</sub> = +70°C)		Infrared (15s)	+220°C
8-Pin SO (derate 5.88mW/°C above +70°C)	471mW	Lead Temperature (soldering, 10s)	+300°C
Operating Temperature Range	-20°C to +85°C		

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V<sub>CC</sub> = +3.0V to +5.5V, T<sub>A</sub> = -20°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values specified at +25°C.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Temperature Error		THERMOCOUPLE = +700°C, T <sub>A</sub> = +25°C (Note 2)	V <sub>CC</sub> = +3.3V	-5	+5	LSB
			V <sub>CC</sub> = +5V	-6	+6	
		THERMOCOUPLE = 0°C to +700°C, T <sub>A</sub> = +25°C (Note 2)	V <sub>CC</sub> = +3.3V	-8	+8	
			V <sub>CC</sub> = +5V	-9	+9	
		THERMOCOUPLE = +700°C to +1000°C, T <sub>A</sub> = +25°C (Note 2)	V <sub>CC</sub> = +3.3V	-17	+17	
			V <sub>CC</sub> = +5V	-19	+19	
Thermocouple Conversion Constant				10.25		μV/LSB
Cold-Junction Compensation Error		T <sub>A</sub> = -20°C to +85°C (Note 2)	V <sub>CC</sub> = +3.3V	-3.0	+3.0	°C
			V <sub>CC</sub> = +5V	-3.0	+3.0	
Resolution				0.25		°C
Thermocouple Input Impedance				60		kΩ
Supply Voltage	V <sub>CC</sub>		3.0	5.5		V
Supply Current	I <sub>CC</sub>			0.7	1.5	mA
Power-On Reset Threshold		V <sub>CC</sub> rising	1	2	2.5	V
Power-On Reset Hysteresis				50		mV
Conversion Time		(Note 2)		0.17	0.22	s
<b>SERIAL INTERFACE</b>						
Input Low Voltage	V <sub>IL</sub>			0.3 x V <sub>CC</sub>		V
Input High Voltage	V <sub>IH</sub>			0.7 x V <sub>CC</sub>		V
Input Leakage Current	I <sub>LEAK</sub>	V <sub>IN</sub> = GND or V <sub>CC</sub>		±5		μA
Input Capacitance	C <sub>IN</sub>			5		pF

## Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V<sub>CC</sub> = +3.0V to +5.5V, T<sub>A</sub> = -20°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values specified at +25°C.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Output High Voltage	V <sub>OH</sub>	I <sub>SOURCE</sub> = 1.6mA	V <sub>CC</sub> - 0.4			V
Output Low Voltage	V <sub>OL</sub>	I <sub>SINK</sub> = 1.6mA			0.4	V
<b>TIMING</b>						
Serial Clock Frequency	f <sub>SCL</sub>			4.3		MHz
SCK Pulse High Width	t <sub>CH</sub>		100			ns
SCK Pulse Low Width	t <sub>CL</sub>		100			ns
CSB Fall to SCK Rise	t <sub>CS</sub>	C <sub>L</sub> = 10pF	100			ns
CSB Fall to Output Enable	t <sub>OV</sub>	C <sub>L</sub> = 10pF			100	ns
CSB Rise to Output Disable	t <sub>TR</sub>	C <sub>L</sub> = 10pF			100	ns
SCK Fall to Output Data Valid	t <sub>DO</sub>	C <sub>L</sub> = 10pF			100	ns

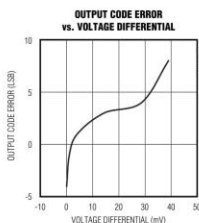
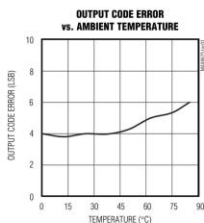
**Note 1:** All specifications are 100% tested at T<sub>A</sub> = +25°C. Specification limits over temperature (T<sub>A</sub> = T<sub>MIN</sub> to T<sub>MAX</sub>) are guaranteed by design and characterization, not production tested.

**Note 2:** Guaranteed by design. Not production tested.

MAX6675

### Typical Operating Characteristics

(V<sub>CC</sub> = +3.3V, T<sub>A</sub> = +25°C, unless otherwise noted.)



## Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

### Pin Description

PIN	NAME	FUNCTION
1	GND	Ground
2	T-	Alumel Lead of Type-K Thermocouple. Should be connected to ground externally.
3	T+	Chromel Lead of Type-K Thermocouple
4	VCC	Positive Supply. Bypass with a 0.1µF capacitor to GND.
5	SCK	Serial Clock Input
6	CS	Chip Select. Set CS low to enable the serial interface.
7	SO	Serial Data Output
8	N.C.	No Connection

### Detailed Description

The MAX6675 is a sophisticated thermocouple-to-digital converter with a built-in 12-bit analog-to-digital converter (ADC). The MAX6675 also contains cold-junction compensation sensing and correction, a digital controller, an SPI-compatible interface, and associated control logic.

The MAX6675 is designed to work in conjunction with an external microcontroller (µC) or other intelligence in thermostatic, process-control, or monitoring applications.

### Temperature Conversion

The MAX6675 includes signal-conditioning hardware to convert the thermocouple's signal into a voltage compatible with the input channels of the ADC. The T+ and T- inputs connect to internal circuitry that reduces the introduction of noise errors from the thermocouple wires.

Before converting the thermoelectric voltages into equivalent temperature values, it is necessary to compensate for the difference between the thermocouple cold-junction side (MAX6675 ambient temperature) and a 0°C virtual reference. For a type-K thermocouple, the voltage changes by 41µV/°C, which approximates the thermocouple characteristic with the following linear equation:

$$V_{OUT} = (41\mu V / ^\circ C) \times (T_R - T_{AMB})$$

Where:

$V_{OUT}$  is the thermocouple output voltage (µV).

$T_R$  is the temperature of the remote thermocouple junction (°C).

$T_{AMB}$  is the ambient temperature (°C).

### Cold-Junction Compensation

The function of the thermocouple is to sense a difference in temperature between two ends of the thermocouple wires. The thermocouple's hot junction can be read from 0°C to +1023.75°C. The cold end (ambient temperature of the board on which the MAX6675 is mounted) can only range from -20°C to +85°C. While the temperature at the cold end fluctuates, the MAX6675 continues to accurately sense the temperature difference at the opposite end.

The MAX6675 senses and corrects for the changes in the ambient temperature with cold-junction compensation. The device converts the ambient temperature reading into a voltage using a temperature-sensing diode. To make the actual thermocouple temperature measurement, the MAX6675 measures the voltage from the thermocouple's output and from the sensing diode. The device's internal circuitry passes the diode's voltage (sensing ambient temperature) and thermocouple voltage (sensing remote temperature minus ambient temperature) to the conversion function stored in the ADC to calculate the thermocouple's hot-junction temperature.

Optimal performance from the MAX6675 is achieved when the thermocouple cold junction and the MAX6675 are at the same temperature. Avoid placing heat-generating devices or components near the MAX6675 because this may produce cold-junction-related errors.

### Digitization

The ADC adds the cold-junction diode measurement with the amplified thermocouple voltage and reads out the 12-bit result onto the SO pin. A sequence of all zeros means the thermocouple reading is 0°C. A sequence of all ones means the thermocouple reading is +1023.75°C.

## Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

MAX6675

### Applications Information

#### Serial Interface

The *Typical Application Circuit* shows the MAX6675 interfaced with a microcontroller. In this example, the MAX6675 processes the reading from the thermocouple and transmits the data through a serial interface. Force CS low and apply a clock signal at SCK to read the results at SO. Forcing CS low immediately stops any conversion process. Initiate a new conversion process by forcing CS high.

Force CS low to output the first bit on the SO pin. A complete serial interface read requires 16 clock cycles. Read the 16 output bits on the falling edge of the clock. The first bit, D15, is a dummy sign bit and is always zero. Bits D14–D3 contain the converted temperature in the order of MSB to LSB. Bit D2 is normally low and goes high when the thermocouple input is open. D1 is low to provide a device ID for the MAX6675 and bit D0 is three-state.

Figure 1a is the serial interface protocol and Figure 1b shows the serial interface timing. Figure 2 is the SO output.

#### Open Thermocouple

Bit D2 is normally low and goes high if the thermocouple input is open. In order to allow the operation of the open thermocouple detector, T<sub>-</sub> must be grounded. Make the ground connection as close to the GND pin as possible.

#### Noise Considerations

The accuracy of the MAX6675 is susceptible to power-supply coupled noise. The effects of power-supply noise can be minimized by placing a 0.1µF ceramic bypass capacitor close to the supply pin of the device.

#### Thermal Considerations

Self-heating degrades the temperature measurement accuracy of the MAX6675 in some applications. The magnitude of the temperature errors depends on the thermal conductivity of the MAX6675 package, the

mounting technique, and the effects of airflow. Use a large ground plane to improve the temperature measurement accuracy of the MAX6675.

The accuracy of a thermocouple system can also be improved by following these precautions:

- Use the largest wire possible that does not shunt heat away from the measurement area.
- If small wire is required, use it only in the region of the measurement and use extension wire for the region with no temperature gradient.
- Avoid mechanical stress and vibration, which could strain the wires.
- When using long thermocouple wires, use a twisted-pair extension wire.
- Avoid steep temperature gradients.
- Try to use the thermocouple wire well within its temperature rating.
- Use the proper sheathing material in hostile environments to protect the thermocouple wire.
- Use extension wire only at low temperatures and only in regions of small gradients.
- Keep an event log and a continuous record of thermocouple resistance.

#### Reducing Effects of Pick-Up Noise

The input amplifier (A1) is a low-noise amplifier designed to enable high-precision input sensing. Keep the thermocouple and connecting wires away from electrical noise sources.

### Chip Information

TRANSISTOR COUNT: 6720

PROCESS: BICMOS



# LAMPIRAN E

## (Datasheet Atmega32)

### Features

- High-performance, Low-power AVR<sup>®</sup> 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
  - 131 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
  - On-chip 2-cycle Multiplier
- Nonvolatile Program and Data Memories
  - 32K Bytes of In-System Self-Programmable Flash
    - Endurance: 10,000 Write/Erase Cycles
  - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
  - In-System Programming by On-chip Boot Program
  - True Read-While-Write Operation
  - 1024 Bytes EEPROM
    - Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
  - 2K Byte Internal SRAM
  - Programming Lock for Software Security
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
  - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
  - Extensive On-chip Debug Support
  - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
  - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
  - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
  - Real Time Counter with Separate Oscillator
  - Four PWM Channels
  - 8-channel, 10-bit ADC
    - 8 Single-ended Channels
    - 7 Differential Channels in TQFP Package Only
    - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x
  - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
  - Programmable Serial USART
  - Master/Slave SPI Serial Interface
  - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
  - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
  - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
  - Internal Calibrated RC Oscillator
  - External and Internal Interrupt Sources
  - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
  - 32 Programmable I/O Lines
  - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, and 44-pad MLF
- Operating Voltages
  - 2.7 - 5.5V for ATmega32L
  - 4.5 - 5.5V for ATmega32
- Speed Grades
  - 0 - 8 MHz for ATmega32L
  - 0 - 16 MHz for ATmega32
- Power Consumption at 1 MHz, 3V, 25°C for ATmega32L
  - Active: 1.1 mA
  - Idle Mode: 0.35 mA
  - Power-down Mode: < 1 µA



**8-bit AVR<sup>®</sup>**  
**Microcontroller**  
**with 32K Bytes**  
**In-System**  
**Programmable**  
**Flash**

**ATmega32**  
**ATmega32L**

**Preliminary**

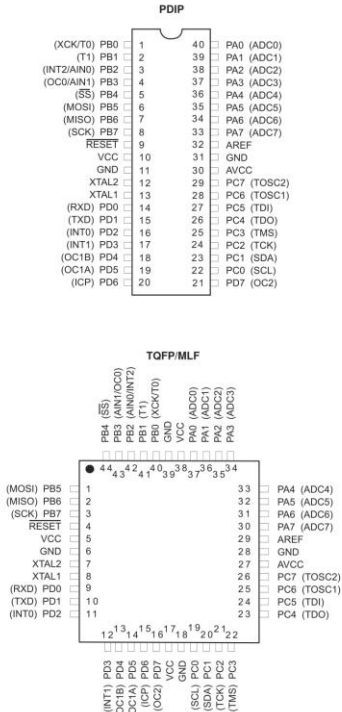
2503F-AVR-12/03





## Pin Configurations

Figure 1. Pinouts ATmega32



## Disclaimer

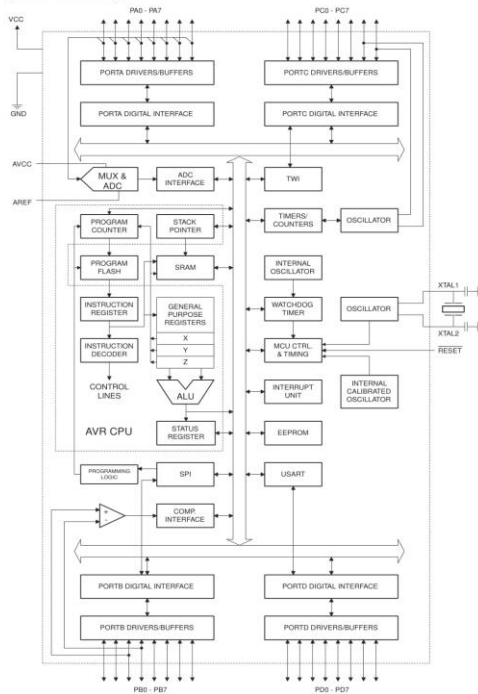
Typical values contained in this datasheet are based on simulations and characterization of other AVR microcontrollers manufactured on the same process technology. Min and Max values will be available after the device is characterized.

## Overview

The ATmega32 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega32 achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

## Block Diagram

Figure 2. Block Diagram





The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All the 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

The ATmega32 provides the following features: 32K bytes of In-System Programmable Flash Program memory with Read-While-Write capabilities, 1024 bytes EEPROM, 2K byte SRAM, 32 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, a JTAG interface for Boundary-scan, On-chip Debugging support and programming, three flexible Timer/Counters with compare modes, Internal and External Interrupts, a serial programmable USART, a byte oriented Two-wire Serial Interface, an 8-channel, 10-bit ADC with optional differential input stage with programmable gain (TQFP package only), a programmable Watchdog Timer with Internal Oscillator, an SPI serial port, and six software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the USART, Two-wire interface, A/D Converter, SRAM, Timer/Counters, SPI port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the register contents but freezes the Oscillator, disabling all other chip functions until the next External Interrupt or Hardware Reset. In Power-save mode, the Asynchronous Timer continues to run, allowing the user to maintain a timer base while the rest of the device is sleeping. The ADC Noise Reduction mode stops the CPU and all I/O modules except Asynchronous Timer and ADC, to minimize switching noise during ADC conversions. In Standby mode, the crystal/resonator Oscillator is running while the rest of the device is sleeping. This allows very fast start-up combined with low-power consumption. In Extended Standby mode, both the main Oscillator and the Asynchronous Timer continue to run.

The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology. The On-chip ISP Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system through an SPI serial interface, by a conventional nonvolatile memory programmer, or by an On-chip Boot program running on the AVR core. The boot program can use any interface to download the application program in the Application Flash memory. Software in the Boot Flash section will continue to run while the Application Flash section is updated, providing true Read-While-Write operation. By combining an 8-bit RISC CPU with In-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATmega32 is a powerful microcontroller that provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The ATmega32 AVR is supported with a full suite of program and system development tools including: C compilers, macro assemblers, program debugger/simulators, in-circuit emulators, and evaluation kits.

## Pin Descriptions

VCC

Digital supply voltage.

GND

Ground.

Port A (PA7..PA0)

Port A serves as the analog inputs to the A/D Converter.

Port A also serves as an 8-bit bi-directional I/O port, if the A/D Converter is not used. Port pins can provide internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port A output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. When pins PA0 to PA7 are used as inputs and are externally pulled low, they will source current if the internal pull-up resistors are activated. The Port A pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

<b>Port B (PB7..PB0)</b>	<p>Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port B also serves the functions of various special features of the ATmega32 as listed on page 55.</p>
<b>Port C (PC7..PC0)</b>	<p>Port C is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running. If the JTAG interface is enabled, the pull-up resistors on pins PC5(TDI), PC3(TMS) and PC2(TCK) will be activated even if a reset occurs.</p> <p>The TD0 pin is tri-stated unless TAP states that shift out data are entered.</p> <p>Port C also serves the functions of the JTAG interface and other special features of the ATmega32 as listed on page 58.</p>
<b>Port D (PD7..PD0)</b>	<p>Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.</p> <p>Port D also serves the functions of various special features of the ATmega32 as listed on page 60.</p>
<b>RESET</b>	<p>Reset Input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 15 on page 35. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.</p>
<b>XTAL1</b>	<p>Input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.</p>
<b>XTAL2</b>	<p>Output from the inverting Oscillator amplifier.</p>
<b>AVCC</b>	<p>AVCC is the supply voltage pin for Port A and the A/D Converter. It should be externally connected to <math>V_{CC}</math>, even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to <math>V_{CC}</math> through a low-pass filter.</p>
<b>AREF</b>	<p>AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.</p>


### About Code Examples

This documentation contains simple code examples that briefly show how to use various parts of the device. These code examples assume that the part specific header file is included before compilation. Be aware that not all C Compiler vendors include bit definitions in the header files and interrupt handling in C is compiler dependent. Please confirm with the C Compiler documentation for more details.

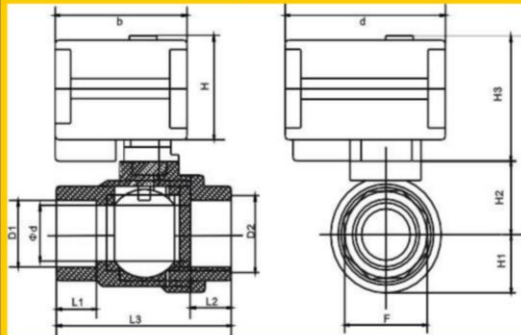
## LAMPIRAN F

### (Datasheet Motorized Valve CWX-15N)

TECHNICAL PARAMETERS									
Series	Max torque	Operating time	Working voltage	Max power	Enclosure	Max pressure	Medium temperature	Ambient temperature	
CWX-15	2N.m	3-5S	DC5V	<2W	IP65	1 Mpa	0-100℃	-20℃~+45℃	
			AC/DC9-24V						
			AC85-265V						



FEATURES		APPLICATION	
Mini dimension suit for small equipment		HVAC	
Patented technology-floating seal structure		Water treatment	
Long service life: 80000-100000 circles		Chemical process	
Low working current, suitable for battery driving		Small equipment for automatic Control	
Quickly open and position indicator		Replacing solenoid valve, particularly when solenoid can't work reliably	
Metal gearbox and POM gear			
High flow capability			



		PARTS		MATERIAL	
		Actuator housing		ABS	
		Valve body		Brass	
		Valve ball		Brass	
		Stem		Brass	
		Ball seat		PTFE	
		Seal		EPDM	

Valve size(mm)	Size	D1/D2	Φd	L1	L2	L3	F	H1	H2	H3	b	d	W(kg)
NPT, BSP	DN15	G1/2"	15	11	11	54	27	16	22	50	52	62	0.342
Both Female screw	DN20	G3/4"	20	10	10	61	30	22	22	50	52	62	0.330
Full Port	DN25	G1"	25	16	18	72	38	26	26	50	52	62	0.499

Control model & Wiring diagram				
CR01(2 wires)	CR02(3wires)	CR03(3wires)	CR04(2wiers)	CR05(5wires)
Standard control	Two point control	One point control	Auto-return	Signal feedback

## BIODATA PENULIS



Naqiya Rahmatul Laili yang biasa dipanggil “ Naqiya ” lahir di Lamongan pada tanggal 6 Februari 1997 dari pasangan ayah bernama Abdul Halim dan ibu bernama Biwik Umul Fadhilah. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Alamat rumah penulis yaitu di Jalan Kauman Rt 02 Rw 05 Babat Lamongan. Pada tahun 2009 penulis telah menyelesaikan pendidikan formal di MI PPI Bintang Sembilan Babat. Kemudian pada tahun 2012

penulis telah menyelesaikan pendidikan tingkat menengah pertama di MTsN Model Babat. Tahun 2015 berhasil menyelesaikan pendidikan tingkat menengah atas di MA Negeri Babat dan melanjutkan studi di Program Studi D3 Teknik Instrumentasi, Departemen Teknik Instrumentasi. Pada tahun 2018 ini, penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATUR BOILER PADA MINI PLANT STEAM ENGINE**”. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir maka dapat menghubungi 085707314255 atau email : naqiya.r06@gmail.com